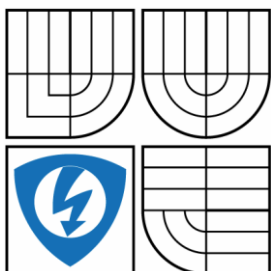


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

ŘÍDICÍ SYSTÉM PRO PÁSOVOU PILU

BANDSAW CONTROL SYSTEM

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

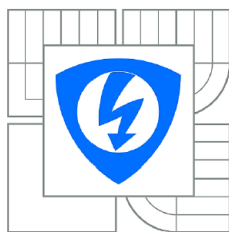
DALIBOR FILIPSKÝ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MIROSLAV JIRGL

BRNO 2015



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav automatizace a měřicí techniky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Automatizační a měřicí technika

Student: Dalibor Filipský
Ročník: 3

ID: 152006
Akademický rok: 2014/2015

NÁZEV TÉMATU:

Řídicí systém pro pásovou pilu

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Cílem práce je vytvořit řídicí systém pro pásovou pilu. Pro řízení bude využit programovatelný automat SIEMENS.

Zadání lze popsat následujícími body:

1. Seznamte se se základními funkcemi pásové pily a popište vstupy a výstupy.
2. Navrhněte a vytvořte ve vhodném prostředí simulátor funkce pásové pily.
3. Proveďte vhodnou analýzu rizik.
4. Navrhněte a implementujte řídicí algoritmus pro programovatelný automat SIEMENS.
5. Ověřte funkčnost navrženého řešení pomocí vytvořeného simulátoru.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Martinásková M., Šmejkal L.: Řízení programovatelnými automaty, vydavatelství ČVUT, Praha, 2004

Termín zadání: 9.2.2015

Termín odevzdání: 25.5.2015

Vedoucí práce: Ing. Miroslav Jirgl

Konzultanti bakalářské práce:

doc. Ing. Václav Jirsík, CSc.

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Abstrakt

Tato práce se zabývá návrhem řídicího systému pro pásovou pilu. Obsah práce lze rozdělit do pěti částí.

První část práce obsahuje seznámení se základními funkcemi pásové pily, rozdělením pásových pil a jejich konstrukcí. Dále pak konstrukcí a parametry amatérsky vytvořené pásové pily, ke které bude navržen řídicí systém.

Druhá část práce se věnuje návrhu a tvorbě simulátorů funkce pásové pily, jak pro manuální režim ovládání, tak i pro automatický režim.

Třetí část práce se zabývá analýzou rizik, spojenou s bezpečností práce a provozní spolehlivostí tohoto zařízení.

Čtvrtá část je zaměřena na návrh řídicího algoritmu pro programovatelný automat a tvorbou vhodného simulátoru, který bude zastupovat reálné fyzické zařízení.

V páté části práce je navržený řídicí algoritmus aplikován a odzkoušen na vytvořeném simulátoru pásové pily.

Klíčová slova

Pásová pila, řídicí systém, programovatelný logický automat, simulátor, analýza rizik, HAZOP

Abstract

This paper describes the design of a control system for a band saw. Content of work can be divided into five parts.

The first part contains introduction to the basic functions of a band saw, it's division and structures. Furthermore, the construction and parameters of a band saw created by an amateur and to which the control system is designed.

The second part is dedicated to the design and creation of simulators for bandsaw function, both manual control mode and the automatic mode.

The third part deals with the analysis of the risks associated with safety and operational reliability of the device.

The fourth part focuses on the design of control algorithms for programmable controller and creating a suitable simulator that will represent a real physical device.

In fifth part, designed algorithm is applied and tested on created simulator for bandsaw.

Keywords

Bandsaw, control system, programmable logic controller, simulator, risk analysis, HAZOP

Bibliografická citace:

FILIPSKÝ, D. *Řídicí systém pro pásovou pilu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2015. 73s. Vedoucí bakalářské práce byl Ing. Miroslav Jirgl.

Prohlášení

„Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Řídicí systém pro pásovou pilu jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne: **20. května 2015**

.....
podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Miroslavu Jirglovi za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně dne: **20. května 2015**

.....
podpis autora

Obsah

1	Úvod	10
2	Pásová pila	11
2.1	Rozdělení pásových pil	11
2.1.1	Rozdělení podle typu pohonu	11
2.1.2	Další pohledy dělení	13
2.1.3	Vlastnosti pil	13
2.2	Amatérsky vyrobená pásová pila	14
2.2.1	Ovládací panel	14
2.2.2	Předřezový kotouč	15
2.2.3	Pohon pilového pásu	16
2.2.4	Pohon posuvu agregátu s pilovým pásem	17
2.2.5	Pohon posuvu pily po kolejnicích	19
2.2.6	Seznam vstupů a výstupů	21
3	Simulátory pásové pily	22
3.1	Control Web	22
3.2	Simulátor funkce pásové pily ve výchozím stavu	24
3.3	Simulátor automatické funkce pásové pily	27
4	Analýza rizik	29
5	Bezpečnostní prvky a další vylepšení	37
5.1	Snímač koncové polohy	37
5.2	Světelná závora	38
5.3	Bezpečnostní okruh	39
6	Návrh a implementace řídicího systému	41
6.1	Prvky řídicího systému	42
6.1.1	SIMATIC S7-1200	42
6.1.2	TIA Portal a programovací jazyk LAD	43
6.2	Konfigurace spojení	44
6.2.1	Konfigurace MODBUS/TCP v TIA Portal	44
6.2.2	Konfigurace MODBUS/TCP v Control Web	46
6.3	Tvorba řídicího programu a simulace fyzického zařízení	50
6.3.1	Modifikace simulátoru	50
6.3.2	Vytvoření řídicího programu v SIMATIC	53

7	Ověření funkčnosti	64
8	Závěr.....	66

1 ÚVOD

Řídicí systémy jsou systémy zahrnující různé zařízení, používané převážně v průmyslu. Jedná se o systémy z oboru regulační a automatizační techniky, řízené pomocí různých prostředků z oblasti výpočetní techniky.

Řídicí systémy slouží ke zjednodušení ovládání technologických procesů nezávisle na potřebě lidské obsluhy. Řídicí systémy snižují výskyt chyb a nepřesností v technologickém procesu způsobených lidským faktorem např. únavou nebo nepozorností obsluhy.

Cílem bakalářské práce je vytvořit řídicí systém pro pásovou pilu. Práce bude rozdělena do několika částí. Nejdříve je nutné seznámit se s funkcí pásové pily, jejími různými variantami a rozdělením.

Následně prezentovat amatérsky vyrobenou pásovou pilu, jejími jednotlivými prvky, jako jsou pohony a ovládání.

V další části bakalářské práce navrhnout a vytvořit ve vhodném prostředí simulátor funkce pásové pily, který bude věrně simulovat funkci skutečného zařízení, jak v manuálním režimu ovládání pily, tak i v režimu automatickém. Dále vytvořit podle vhodné metody analýzu rizik spojených s bezpečností práce a provozní spolehlivostí tohoto zařízení.

V další části bakalářské práce vytvořit vhodný řídicí systém pro ovládání pásové pily pomocí programovatelného automatu firmy SIEMENS.

V závěru práce aplikovat navržený řídicí systém na vytvořený simulátor, aby bylo možno odzkoušet správnou funkci řídicího systému a ovládání pásové pily.

2 PÁSOVÁ PILA

Pásová pila je zařízení sloužící ke zpracování masivu dřeva. Slouží na řezání prken a hranolů různých rozměrů. Dělí se podle různých hledisek a potřeb provozovatelů. Složitost těchto zařízení se odráží na jejich celkové ceně. Vyskytují se od jednoduchých manuálně poháněných pil až po složité automatizované výrobní linky.

2.1 Rozdělení pásových pil

Pásové pily se dělí podle různých hledisek. V dalších podkapitolách je přibliženo základní rozdělení pásových pil.

2.1.1 Rozdělení podle typu pohonu

Rozdělení pásových pil podle typu pohonu pro posuv rámu po kolejnicích a pro posuv agregátu s pilovým pásem po rámu nesoucí tento agregát:

- manuální



Obrázek 1: Pásová pila PILOUS CTR 520 [1]

- elektrické



Obrázek 2: Pásová pila PILOUS CTR 710 [1]

- hydraulické



Obrázek 3: Pásová pila PILOUS CTR 1300 hydraulic [1]

2.1.2 Další pohledy dělení

Další aspekty podle kterých jsou pásové pily děleny: [1]

- posuv do řezu a zpět
- výškové nastavování ramene
- umístění ovládacího panelu
- manipulace s kmenem
- maximální délka řezu - závislá na počtu prodlužovacích segmentů
- robusnosti konstrukce
- typu (složitosti) obsluhy
- typu upevňování masivů dřeva
- agregátu předřezové pily
- typu nastavování výšky řezu
- typu posuvu

2.1.3 Vlastnosti pil

Zde jsou uvedeny technické parametry pásových pil, které se často uvádí v katalogích a které jsou důležité pro výběr pily pro zákazníka. Jednotlivé parametry jsou uvedeny i s příkladem. [2]

- max. průměr polena - 550mm
- max. rozevření mezi vodítky - 530 mm
- max. výška pásu - 540 mm
- max. hloubka řezu - 220 mm
- max. délka polena (standardní model) - 3,7 m
- prodloužení trati - 3 m
- max. řezná délka: bez limitu
- min. řezná délka - 0,9 m
- motor vertikálního posuvu - volitelný
- výkon motoru vertikálního posuvu - manuální
- max. rychlost podávání - manuální
- průměr kola - 400 mm
- šířka kola - 25 mm
- rozměry bimetalového pásu - 3 200 x 27 x 0,9 mm
- tloušťka zářezu - 1,5 až 2,2 mm
- rychlost pil. pásu - 15 m.s^{-1}
- hmotnost prodloužení - 76 kg

2.2 Amatérsky vyrobená pásová pila

V této kapitole bude představena pásová pila, její hlavní funkční části, která byla sestrojena k výrobě řeziva z kmenů stromů a ke které bude navrhnut řídicí systém. Jedná se tedy o amatérsky vyrobenou pásovou pilu. V následujícím textu budou popsány jednotlivé komponenty této pily, jako jsou jednotlivé pohony a frekvenční měniče.



Obrázek 4: Amatérsky vyrobená pásová pila

2.2.1 Ovládací panel

Ovládací panel se skládá z tlačítek, přepínačů a potenciometrů, které slouží k ovládání pásové pily. Řízení je zcela manuální, je zapotřebí pozorné a opatrné obsluhy.



Obrázek 5: Ovládací panel fyzického zařízení

2.2.2 Předřezový kotouč

Slouží k proříznutí drážky do kůry kmene stromu. Řez se provádí v úrovni řezu pilového pásu. Účelem tohoto kotouče je odstranění kůry, hlíny a jiných nečistot před pilovým pásem, aby nedocházelo k jeho příliš rychlému opotřebení.



Obrázek 6: Pohon předřezového kotouče

Základní parametry pohonu předřezového kotouče:

- pohon: motor 3f, $f = 50 \text{ Hz}$, $P = 1,5 \text{ kW}$, $n = 2800 \text{ min}^{-1}$, bez převodovky
- ovládání: spouštění pohonu pomocí tlačítka přes 3f stykač, bez možnosti regulace otáček (bez frekvenčního měniče)

2.2.3 Pohon pilového pásu

Slouží k pohonu kol s pilovým pásem o konstantní rychlosti 30 m.s^{-1} .



Obrázek 7: Pohon pilového pásu

Základní parametry pohonu pilového pásu:

- pohon: motor 3f, $f = 50 \text{ Hz}$, $P = 7,5 \text{ kW}$, $n = 1450 \text{ min}^{-1}$
- spojení motoru s hnáným kolem pomocí řemenů na řemenicích, jejichž velikosti udávají převodový poměr mezi otáčkami motoru a rychlostí pásu
- ovládání: spouštění pohonu pomocí tlačítka přes 3f stykač (Y/ Δ), bez možnosti regulace otáček (bez frekvenčního měniče)

2.2.4 Pohon posuvu agregátu s pilovým pásem



Obrázek 8: Pohon posuvu agregátu s pilovým pásem

Základní parametry pohonu posuvu agregátu po rámu:

- pohon: motor 3f, $f = 50 \text{ Hz}$, $P = 1,1 \text{ kW}$, $n = 930 \text{ min}^{-1}$
- spojení motoru s rámem s pilovým pásem pomocí řetězů, přes šnekovou převodovku.
- ovládání: ovládání motoru s regulací otáček přes frekvenční měnič SIEMENS SINAMICS G110

Základní parametry frekvenčního měniče SIEMENS SINAMICS G110 jsou vypsané v tabulce Tabulka 1: Parametry SIEMENS SINAMICS G110 Tabulka 1.

Tabulka 1: Parametry SIEMENS SINAMICS G110 [3]

Metoda řízení:	Lineární U/f (s programovatelným zvýšením napětí) Kvadratická U/f Multibodová (programovatelná U/f)
Pevné frekvence:	3, programovatelné
Rozlišení nastavení frekvence:	0,01 Hz digitálně 0,01 Hz po sériové lince 10-bitový analogový vstup (motorpotenciometr 0,1 Hz)
Digitální vstupy:	3 programovatelné, neizolované, typ PNP, kompatibilní se SIMATIC
Analogový vstup:	1, pro nastavení frekvence (0-10 V, parametrizovatelný), lze použít jako čtvrtý digitální vstup
Digitální výstup:	1, optočlen (24VDC, 50mA, odporová zátěž, NPN)
Sériový interface:	RS485, komunikace protokolem USS
Délka motorového kabelu:	Max. 25 m (stíněný kabel) Max. 50 m (nestíněný kabel)
Brzdění:	Stejnoseměrné brzdění
Krytí:	IP20 - ochrana proti tělesům větších jak 12 mm, bez ochrany vody
Teplotní rozsah:	Provozní -10 až +40°C
Relativní vlhkost:	95%
Ochrany:	Podpětí, přepětí, zkrat na zem, zkrat mezi fázemi, chod bez zátěže, přehřátí motoru i měniče



Obrázek 9: SINAMICS G110 [4]

2.2.5 Pohon posuvu pily po kolejnicích

Posuv pily po kolejnicích je realizován pomocí motoru s převodovkou a soustavy ozubených kol s navinutým řetězem.



Obrázek 10: Posuv pily po kolejnicích

Základní parametry pohonu pro posuv po kolejnicích:

- pohon: motor 3f, $f = 50 \text{ Hz}$, $P = 250 \text{ W}$, $n = 1390 \text{ min}^{-1}$
- spojení motoru a řetězu přes šnekovou převodovku pomocí ozubených kol
- ovládání: ovládání motoru s regulací otáček přes frekvenční měnič YASKAWA J1000

Stručný přehled parametrů frekvenčního měniče YASKAWA J1000 je v tabulce Tabulka 2:

Tabulka 2: Základní parametry frekvenčního měniče YASKAWA J1000 [5]

Výstupní napětí frekvenčního měniče:	3 x 230V~
Rozsah napájecího napětí:	200 až 240V~
Výstupní kmitočet:	0,1 až 400Hz
Systém řízení:	V/f Control
Doba rozběhu/doběhu:	0.01 až 6000s / 0,01 až 6000s, lineární nebo S-křivka
DC brzdění:	programovatelný výkon, čas a řídicí frekvence
Vlastnosti analogových vstupů:	vstup pro zadávání rychlosti otáčení signálem 0 až 10 V, 4 až 20 mA, 0 až 20 mA
Přesnost výstupního kmitočtu zadávaného číslicově/analogově:	0,01 / 0,5%
Další funkce:	1 analogový programovatelný výstup 0 až 10 V, možnost zadání až 8-mi referenčních frekvencí, možnost zadání frekvence JOG, 5 programovatelných digitálních vstupů, 19 nastavení, programovatelný reléový výstup NO + NC, 16 nastavení
Ochrany:	krátkodobý výpadek napájení, proti přetížení, proti přehřátí, podpětí, přepětí, proti zkratu
Pracovní teplota:	-10 až 50°C
Elektrické krytí:	IP20
Hmotnost:	0,6 kg



Obrázek 11: Frekvenční měnič YASKAWA J1000 [6]

2.2.6 Seznam vstupů a výstupů

Na základě ovládacích prvků na ovládacím panelu pásové pily ve výchozím stavu jsou v tabulce sepsány vstupy a výstupy. Jedná se pouze o informativní seznam, neboť pila v tomto výchozím stavu nemá žádný řídicí systém, kde by tyto vstupy byly vyhodnocovány a na základě nich byly ovlivňovány výstupy. Z této tabulky vstupů a výstupů se vychází při vytváření simulátorů převážně pro manuální režim.

Tabulka 3: Vstupy a výstupy pásové pily ve výchozím stavu

Vstupy	Výstupy
Start posuvu vertikálně	Posuv vpřed
Stop posuvu vertikálně	Posuv vzad
Směr při vertikálním pohybu	Posuv nahoru
Rychlost ve vertikálním směru	Posuv dolů
Start posuvu horizontálně	Rychlost v horizontálním směru
Stop posuvu horizontálně	Rychlost ve vertikálním směru
Směr při horizontálním pohybu	Funkce pilového pásu
Rychlost v horizontálním směru	Funkce předřezového kotouče
Start pilového pásu	Funkce odsávání
Stop pilového pásu	
Start předřezového kotouče	
Stop předřezového kotouče	
Start odsávání	
Stop odsávání	

3 SIMULÁTORY PÁSOVÉ PILY

Než bude popsán postup tvorby simulátorů, bude představen vývojový program, který byl na tvorbu simulátorů využíván.

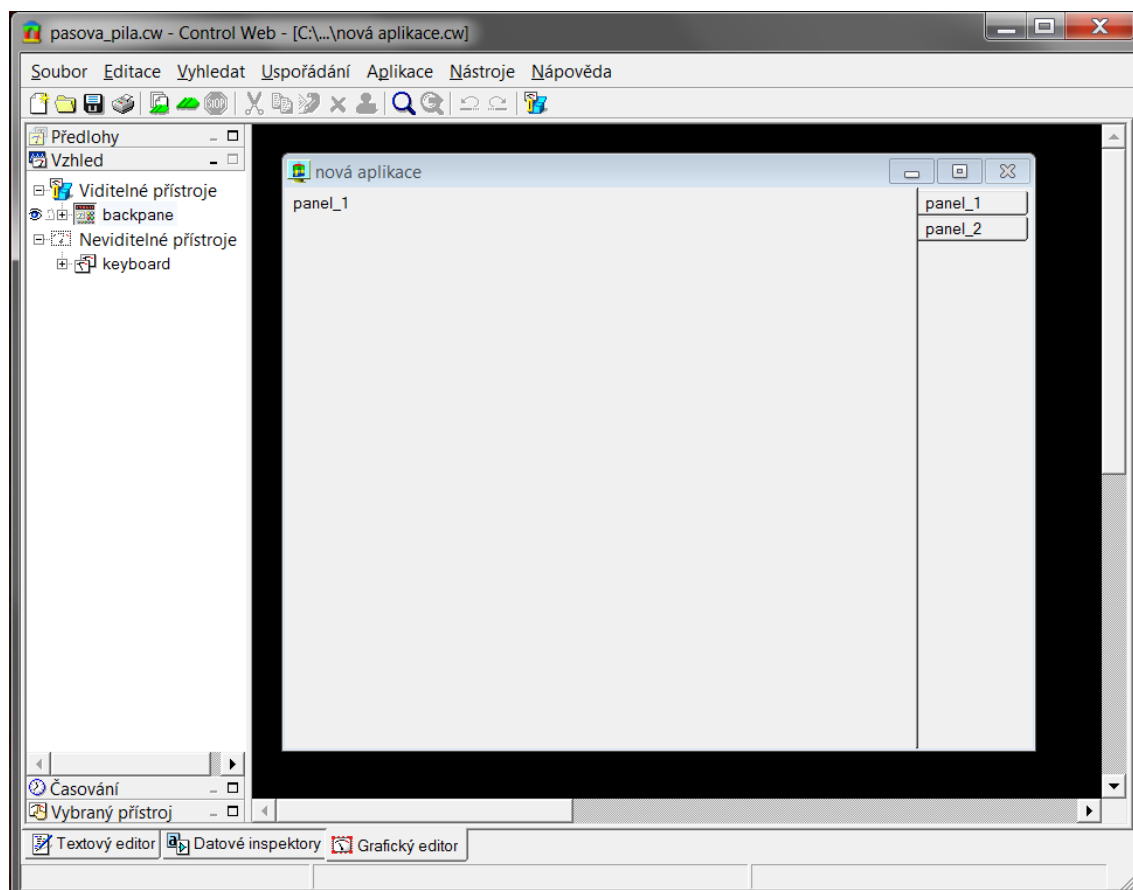
3.1 Control Web

Pro vytvoření simulace pásové pily, kde si kdokoli bude moci vyzkoušet její ovládání, jak ve výchozím manuálním režimu, tak i v navrženém automatickém režimu, je využit vývojový program Control Web. Pomocí tohoto softwaru jsou vytvořeny oba simulátory a slouží také pro vytvoření simulátoru pily pro navržený řídicí systém.

Control Web je aplikace pro řízení a kontrolu technologických procesů v reálném čase. Mezi jeho základní funkce patří ovládání různých veličin spojitých, binárních nebo textových a jejich zobrazování. V kombinaci s podporou komunikace po síti je možné vizualizovat celý technologický proces. Hlavní výhodou Control Webu je vytváření aplikací i uživatelem se základní znalostí programování a tím rychle reagovat na změny zakázek. Aplikace Control Webu využívají například i velké firmy, jako je Škoda Mladá Boleslav nebo JE Dukovany. [7]

Control Web je schopný díky otevřené architektuře ovladačů spolupracovat s množstvím zařízení, jako jsou PLC systémy, samostatné I/O moduly, měřící karty, ale i www servery a podobně. Pro komunikaci je schopný použít ethernetové spoje, dial-up, gsm sítě, což usnadňuje kontrolu a řízení vzdálených systémů. Pracuje na systémech založených na Windows, včetně mobilních verzí. Výstupy integrovaného www serveru jsou samozřejmě použitelné napříč platformami. [7]

Aplikační rozhraní Control Webu se skládá z jednoduchého hlavního menu a menu úprav. V levé části je umístěna paleta s rychlým zobrazením struktury, časování a vlastností vybraného prvku. V pravé části je vlastní okno s návrhem vzhledu aplikace. Ve spodní části jsou záložky pro přepínání mezi textovým módem, inspektorem datových struktur a grafickým editorem viz Obrázek 12. Ovládání programu je logické a intuitivní, pro propojení dvou (lokálních) prvků je zapotřebí pouze definovat proměnnou, která bude zajišťovat přenos dat, a poté už jen připojit proměnnou na prvky. Podobně probíhá i propojování s prvky vzdálenými, současně je zobrazovacím prvkům možno na vstup vkládat logické, aritmetické a jiné operace s proměnnými. [7]



Obrázek 12: Prostředí programu Control Web

3.2 Simulátor funkce pásové pily ve výchozím stavu

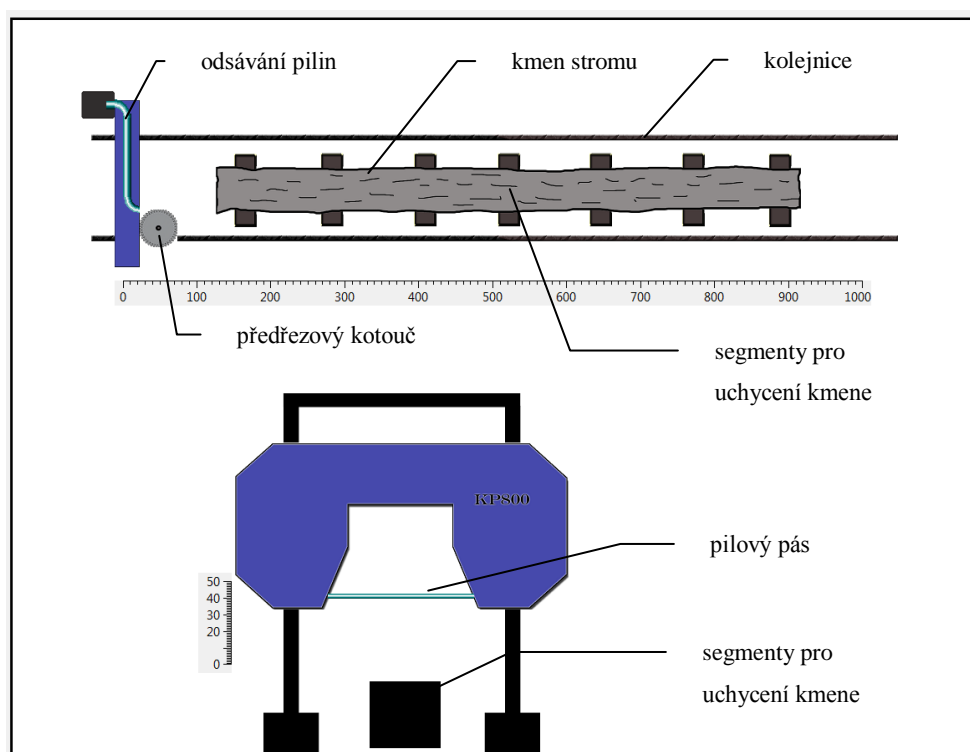
Jak bylo zmíněno v předchozí kapitole, byl vytvořen simulátor funkce pásové pily pomocí aplikace Control Web. Dále v kapitole je popsáno, jak se postupovalo.

V datových elementech byly vytvořeny proměnné, byly využity různé typy proměnných, jako např.: boolean, integer. V grafickém editoru bylo vybíráno z prvků v paletě přístrojů, kterým byly nastaveny vhodné parametry pro tuto simulaci. Byly vhodně voleny tlačítka, přepínače, potenciometry, ale i objekty typu obrázek, pomocí kterých byla vytvářena grafika, která vyobrazuje skutečné fyzické zařízení.

Nejdůležitějším prvkem využívaným v aplikaci byly přístroje typu program, které na základě splněných podmínek zajišťují posuv částí simulace, jak v horizontálním, tak i vertikálním směru. Zde jsou také řešeny ošetření a hlášení chyb při kolizních stavech. V programech jsou často využity podmínky "if" a také cykly "while".

Okno aplikace je rozděleno na dvě části, vlastní simulace pohybu a ovládací panel. V části simulace pohybu dochází k pohybu jednotlivých částí a indikaci spuštění jednotlivých funkcí pily. V tomto okně jsou dva pohledy na pásovou pilu. Horní část je pohled na celý mechanismus pásové pily shora. Jsou zde vidět dvě kolejničky, mezi kterými je na podstavcích umístěn kmen stromu. Po kolejničkách se pohybuje rám společně s pásovou pilou, předřezovým kotoučem a odsávacím mechanismem.

V dolní části je pohled zepředu, kde je vidět rám po němž se ve vertikálním směru pohybuje agregát s pilovým pásem. Zde dochází ke změně výšky pásu a k indikaci zapnutí a vypnutí pásu pily viz Obrázek 13.



Obrázek 13: Simulace funkcí pásové pily

Samotná obsluha pily probíhá z ovládacího panelu umístěného v pravé části aplikace. Tento ovládací panel je téměř totožný s reálným ovládacím panelem na reálné pásové pile, pomocí kterého je simulace ovládána. Na ovládacím panelu je pět "START" tlačítek, pět "STOP" tlačítek, dva přepínače pro přepínání směru pohybu pily a dva potenciometry pro řízení rychlosti posuvu v daném směru. V manuálním režimu je obsluha zařízení poměrně náročná, než dojde k samotnému řezu je nutno nastavit a ručně zapnout jednotlivé funkce pily.



Obrázek 14: Ovládací panel - manuální režim

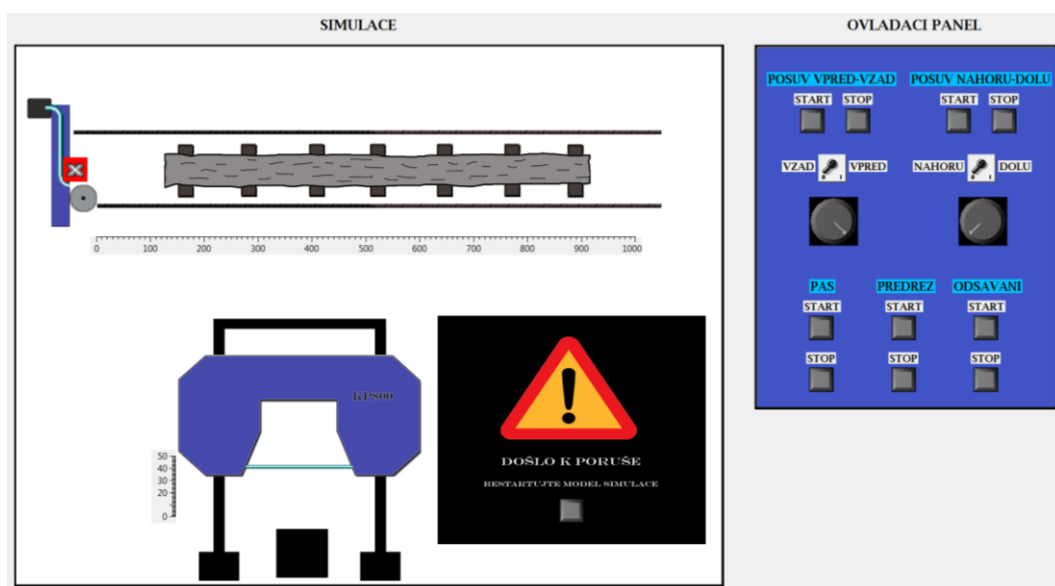
V této části je popsáno správné ovládání zařízení.

Nejprve se nastaví výška pásu, to obnáší přepnutí přepínače do pozice "DOLU" nebo "NAHORU" a příslušným tlačítkem "START" se spustí posuv ve vertikálním směru. Posuv se zastaví tlačítkem "STOP". Dále je zapotřebí spustit odsávání, předřez a pás pily. Následně se přepne směr posuvu do pozice "VPRED" a tlačítkem "START" se spustí posuv. Během řezu je možné regulovat rychlost posuvu pily po kolejničích. Až dojde k ukončení řezu, včas musí být posuv zastaven, aby nedošlo ke sjetí rámu z kolejnic. Po dokončení řezu může být vypnuto odsávání a předřez, popřípadě i pás pily (není vhodné neustále zapínat a vypínat pohon pásu pily - rozběh Y/ Δ). Obsluha musí odstranit odříznutý hranol.

Následně musí obsluha přepnout směr vertikálního posuvu do pozice "NAHORU", a tlačítka "START" a "STOP" přizvednout pás pily o něco výše, než byla výška řezu. Pak přepnout směr posuvu rámu pily do pozice "VZAD" a opět spustit posuv pomocí příslušného "START". Zde může být pomocí potenciometru nastavena rychlost posuvu na maximální hodnotu, neboť pila je vypnuta nebo běží naprázdno. V případě, že je pila na začátku kolejnic musí být posuv zastaven a cyklus řezu se může opakovat.

Pokud dojde k nepozornosti nebo chybě obsluhy při ovládání pily, může dojít k poruše zařízení. U reálné pásové pily není ošetřeno sjetí rámu nesoucí agregát s pilovým pásem z kolejnic, není také ošetřena možná kolize agregátu s pilovým pásem pohybující

se vertikálně po rámu s horní částí rámu nebo kolize samotného pilového pásu se segmenty, které slouží k upnutí kmene stromu. Dále také může vzniknout porucha, pokud by obsluha při řezu v masivu spustila pohyb agregátu ve vertikálním směru. Jedná se o nejčastější kolize, které mohou vzniknout neopatrným zacházením se zařízením. Tyto zmíněné kolize jsou též simulovány ve vytvořeném simulátoru. Při kolizi dojde k zastavení simulace a program nahlásí chybu. V okně SIMULACE se objeví křížek, který indikuje v jaké části ke kolizi došlo. Společně s hlášením o chybě je nabídnut restart simulace. Stisknutím nabídnutého tlačítka se simulace resetuje a pásová pila se vrátí do počátečního stavu a může se opět pokračovat v simulaci funkce pily viz Obrázek 15.



Obrázek 15: Hlášení o kolizi

3.3 Simulátor automatické funkce pásové pily

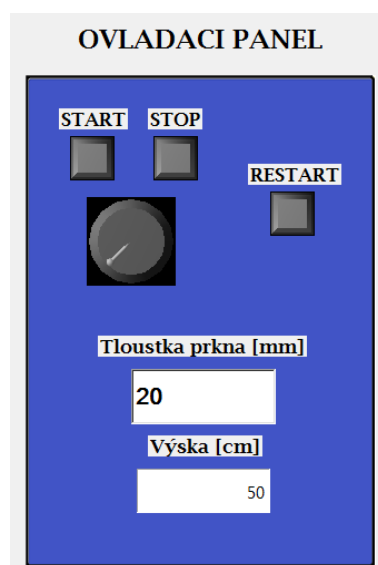
Automatické řízení procesu řezu pásovou pilou ve velké míře zjednodušuje práci obsluhy. Snižuje se náročnost nastavování a spínání jednotlivých funkcí pily. Snižuje se počet prvků ovládacího panelu.

K tomu, aby mohl být na výchozí pásovou pilu navrženo automatické řízení, bude nejprve nutné toto zařízení doplnit některými důležitými prvky, které jsou pro tuto implementaci automatického řízení velice důležité.

Na kolejnici je zapotřebí umístit koncové snímače polohy, jak na začátek, tak i na konec kolejnic. Tyto koncové snímače polohy je zapotřebí implementovat i na rám samotné pily, na horní okraj, aby nedošlo ke kolizi agregátu s pilovým pásem s horní částí rámu a na dolní okraj rámu, aby naopak nedošlo ke kolizi pilového pásu se segmenty, které slouží k usazení a uchycení kmene stromu.

Při vytváření simulátoru automatické pily bylo postupováno podobně jako při vytváření simulátoru reálné pásové pily, jen s tím rozdílem, že bylo využito menšího počtu proměnných. Algoritmus určený k řešení tohoto problému je realizován jako série za sebou následujících instrukcí, které jsou postupně vykonány.

Grafická část simulace pily v automatickém režimu je totožná s předchozím simulátorem. Změnil se pouze ovládací panel, na němž je nyní jen jedno "START" a jedno "STOP" tlačítko. Na panelu zůstal jeden potenciometr k ovládání rychlosti posuvu rámu pily po kolejnicích, k urychlení simulace. Přibyl okno pro uvedení tloušťky prkna a také okno, které ukazuje v jaké výšce je pás od segmentů na upnutí kmene stromu. Tlačítko "RESTART" slouží k uvedení simulace do výchozího stavu. Viz Obrázek 16.



Obrázek 16: Ovládací panel - automatický režim

V další části je popsáno správné ovládání simulátoru.

Nejprve obsluha nastaví tloušťku prkna a hodnotu zadá v milimetrech. Následně proces spustí tlačítkem "START". Dojde ke spuštění odsávání, pak je zde malá časová prodleva přibližně 5 sekund, kdy obsluha přiloží předřezový kotouč k masivu dřeva. Následně se rozběhne předřez, pás pily a následně se spustí i pojezd pily. Rychlost může být regulována ručně v závislosti na vlastnostech zpracovávaného materiálu. Pokud pila dojde ke snímači koncové polohy na kraji kolejnic, dojde k zastavení posuvu a následnému vypnutí předřezu a odsávání pilin. Pohon pásu pily zůstane zapnutý, neboť není vhodné neustále zapínat a vypínat pohon pásu pily - rozběh Y/Δ . Pak zařízení čeká, až obsluha zvolí novou tloušťku prkna, popřípadě pokud výšku nezmění, tak pouze proces opět spustí tlačítkem "START" a proces se opakuje. Nejprve se však pila přesune na začátek kolejnic a pak se cyklus řezu kmene opakuje. Opět pomocí potenciometru může obsluha ovlivňovat rychlost posuvu pily po kolejnicích. Simulaci může obsluha v jakékoli části zastavit "STOP" tlačítkem a následným stiskem tlačítka "RESTART" se simulace vrátí do stavu, ve kterém byla před zahájením cyklu řezu.

4 ANALÝZA RIZIK

Na simulátorech pásové pily, které byly popsány v předchozí kapitole je možné si vyzkoušet funkci pily, její ovládání a odhalit jaké kritické stavy a nebezpečné situace, které při práci s tímto zařízením mohou nastat.

Při práci s pásovou pilou je důležité dbát v první řadě na bezpečnost obsluhy a také na správnou manipulaci s tímto zařízením. Je proto zapotřebí vyhodnotit možná rizika a nebezpečí, která mohou při práci nastat, snažit se jim předejít a také navrhnout jistá bezpečnostní opatření. Kapitola analýza rizik bude vycházet ze Studie nebezpečí a provozuschopnosti (studia HAZOP). Tato studie je poměrně rozsáhlá a na samotnou realizaci náročná, jak časově, tak i z hlediska fyzického. Tuto analýzu by měl provádět tým odborníků, kteří mají zkušenosti s její realizací a odborníků, kteří pracují se zkoumaným zařízením. Z tohoto důvodu bude v rámci bakalářské práce vytvořena tato studie ve zjednodušeném tvaru, který má nastínit složitou práci týmu odborníků, jejím hlavním cílem bude ukázat princip této metody. Na několika příkladech vyzdvihnout rizika, která se při práci s pásovou pilou mohou vyskytnout a navrhnout vhodná bezpečnostní opatření. [8]

Hlavním účelem této normy je popsat princip a postup Studia nebezpečí a provozuschopnosti. Studie je strukturovaná a systematická technika zkoumání daného systému s dvěma hlavními cíli. Prvním cílem je rozpoznat různá nebezpečí vázané k okolí systému, jako je například obsluha a také k širšímu okolí, například životnímu prostředí. Druhým cílem je rozpoznat problémy s provozuschopností systému a najít příčiny, které vedou k jeho chybné funkci, poruše, a následnému zastavení procesu. Tato norma je zpracována jako návod pro rozsáhlé spektrum průmyslových odvětví, je užitečná při rozpoznávání slabých a kritických míst v systému. Může se implementovat při projektování a vývoji nového systému, tak i u systému zavedeného, ke zkoumání různých provozních stavů. [8]

Studie HAZOP je týmový proces podrobného zkoumání, který se zabývá rozpoznáváním potenciálních odchylek od cíle projektu (projektované funkce), zkoumání jejich možných příčin a hodnocením jejich následků. Zkoumání se provádí pomocí používání sady vodících slov, aby se rozpoznali potenciální odchylky od cíle projektu a tyto odchylky se používají jako „spouštěcí mechanismus“ pro stimulaci představ členů týmu o tom, jak by mohlo k odchylkám dojít a jaké by mohly mít následky. [8]

Studii HAZOP charakterizují porady, při kterých se tým složený z různých odborníků, zaměřených na různé profese, pod vedením vedoucího, zkoumá systém postupně po jednotlivých částech. Součástí sestaveného týmu je vedoucí studie, který je vyškolen k vedení této studie, schvaluje složení týmu, navrhuje vodící slova. Zapisovatel zaznamenává do dokumentace jednání při poradách. Projektant podrobně vysvětluje projekt a vysvětluje příčinu odchylky. Uživatel vysvětluje souvislosti provozu, kde je zařízení či daná část zařízení provozována, vysvětluje následky odchylek. Odborníci vytváří odborné posudky, které se týkají prověřovaného systému a

samotné studie. Údržbář je jako představitel personálu. Je též doporučováno, aby se měnil typ odborníků, kteří jsou pro studii nejvhodnější. [8]

Vedoucí studie je klíčovou postavou, která odpovídá během přípravných prací za získávání informací, plánování pracovních porad. Dále je zodpovědný za přípravu plánů studie, který má obsahovat cíl a předmět studie, seznam zúčastněných členů, technické podrobnosti a administrativní uspořádání. Organizuje provedení rešerše databází pro identifikaci nežádoucích událostí (incidentů), ke kterým došlo u stejných nebo podobných technologií. [8]

Popis projektu se skládá z dokumentů, které mají být jasně a jednoznačně identifikovány, schváleny a datovány. Kromě toho jsou potřebné následující informace, hranice projektu, který je předmětem studia, podmínky prostředí v nichž bude systém provozován, kvalifikace, dovednosti a zkušenosti provozního personálu a pracovníků údržby, pracovní postupy, provozní instrukce a zkušenosti s provozem, údržbou a známá nebezpečí spojená s obdobnými systémy. [8]

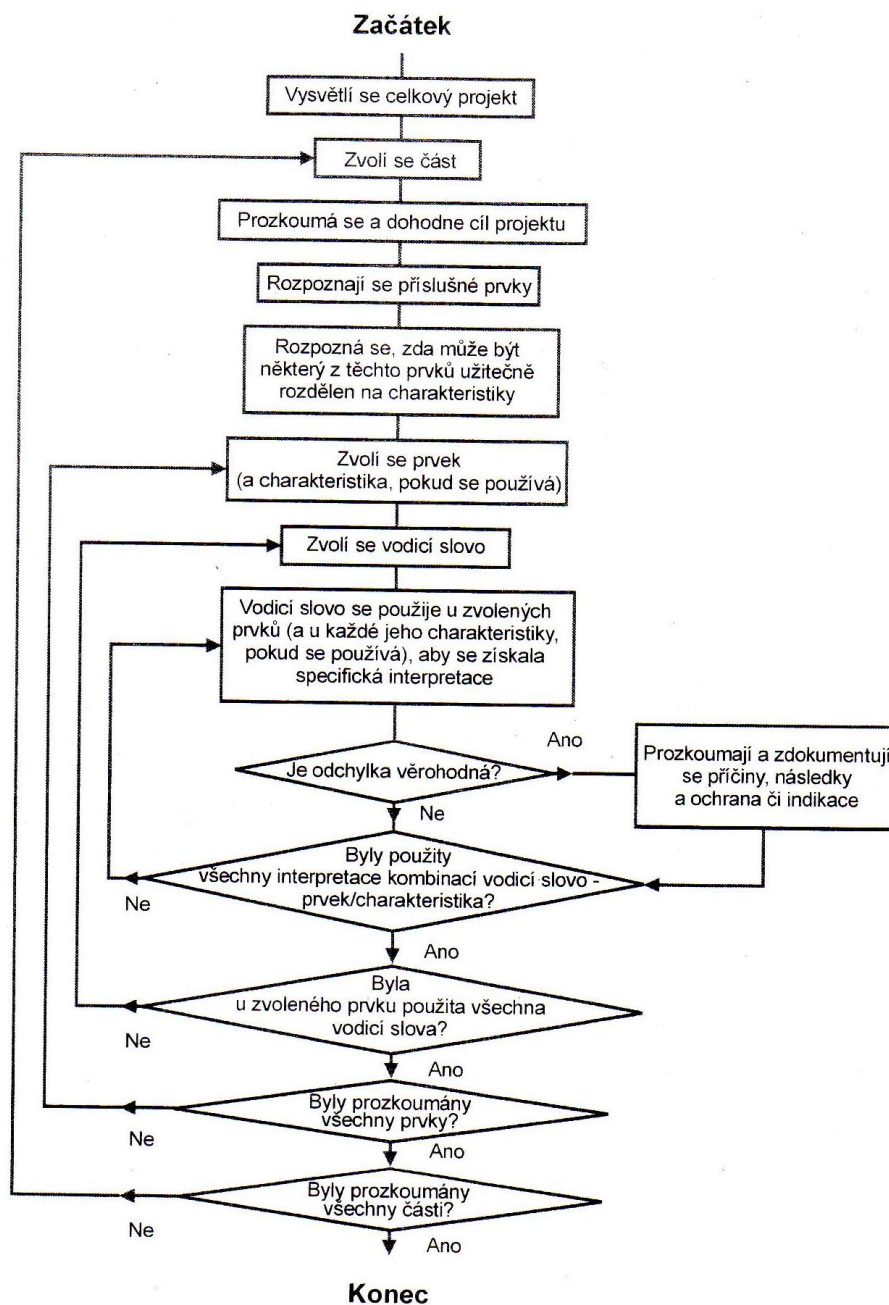
Na základě popisu projektu a získaných informací vedoucí studie navrhuje seznam vodících slov, která se u daného systému mají vyzkoušet a potvrdit jejich přiměřenost. V tabulce Tabulka 4 je popis těchto nepoužívanějších vodících slov.

Tabulka 4: Příklady odchylek a s nimi spojených vodících slov [8]

Typ odchylky	Vodící slovo	Příklad interpretace pro zpracovatelský průmysl	Příklad pro programovatelný elektronický systém (PES)
Negace	ŽÁDNÝ NENÍ ŽÁDNÝ	Žádné části zamýšleného cíle (funkce) se nedosáhlo, např. žádný průtok	Nejsou předávána žádná data nebo řídicí signály
Kvantitativní změna	VYŠŠÍ NIŽŠÍ	Kvantitativní nárůst/pokles, např. vyšší/nížší teplota	Data jsou předávána vyšší/nížší rychlostí, než je zamýšleno
Kvalitativní změna	A TAKÉ, JAKOŽ I, A ROVNĚŽ, ČÁSTEČNĚ	Jsou přítomny nečistoty Současně se vykonává nějaká další operace/krok Dosahuje se pouze něco ze zamýšleného cíle např. k přepravě kapaliny dochází	Je přítomen nějaký další nebo rušivý signál Data nebo řídicí signály jsou neúplné

		částečně	
Náhrada záměna	OBRÁCENÝ ZPĚTNÝ JINÝ NEŽ	Toto vodící slovo se používá např. pro obrácený tok v potrubí a zpětnou chemickou reakci Dosáhlo se jiného výsledku, než byl původní cíl např. přenos nesprávného materiálu.	Zpravidla se systému PES netýká Data nebo řídicí signály jsou nesprávné
Čas	PŘEDČASNÝ ZPOŽDĚNÝ	K něčemu dojde dříve/později než ve stanoveném čase	Signály přicházejí brzy/pozdě vzhledem ke stanovenému času
Pořadí nebo posloupnost	PŘED PO	K něčemu, např. ke směšování nebo ohřevu, došlo v nějaké posloupnosti příliš brzo/pozdě	Signály přicházejí dříve/později, než bylo v nějaké posloupnosti zamýšleno

Metoda HAZOP má dva různé způsoby zkoumání. Jeden postup je nejdříve vodící slovo a druhý je nejdříve prvek. Ukázka vývojového diagramu viz Obrázek 17. Jedná se o postup nejdříve prvek, který je použit v bakalářské práci.



Obrázek 17: Diagram postupu zkoumání HAZOP, posloupnost „nejdřív prvek“ [8]

Pracovní výkaz HAZOP slouží k zaznamenávání výsledků zkoumání viz Obrázek 18 a Obrázek 19. Skládá se převážně ze záhlaví a sloupců. Záhlaví může obsahovat informace jako je název projektu, předmět studie, cíl projektu, zkoumaná část systému, členové týmu, zkoumaný výkres, datum, číslo stránky atd. [8]

Záhlaví sloupců by mělo obsahovat názvy jako referenční číslo, prvek, vodící slovo, odchylka, příčina, následky a požadované opatření. Výkaz může být doplněn i o některé rozšiřující sloupce jako např. doporučené opatření, priorita/třída rizika, odpovědnost za opatření, status, komentáře atp.

Příklady pracovních výkazů jsou v tabulkách na obrázcích. Obrázek 18 je pracovní výkaz bezpečnosti práce s pásovou pilou a Obrázek 19 je pracovní výkaz provozní spolehlivosti zařízení.

NÁZEV STUDIE: Bezpečnost práce s pásovou pilou							LIST č. 1 ze 2	
SLOŽENÍ TÝMU: Dalibor Filipský							DATUM: 20.3.2015	
UVAŽOVANÁ ČÁST: Pásová pila								
Č.	Prvek	Vodící slovo	Odchylka	Možné příčiny	Následky	Bezpečnostní opatření	Komentáře	Požadovaná opatření
1	Pohon pilového pásu	žádáný, není žádáný	žádáný kryt na převodovém řemeni	nedbalost obsluhy, nedostatek konstrukce	úraz rukou, úraz hlavy	pohon opatřit odpovídajícím krytem		žádné
2	pilový pás	není žádáný	není kryt pilového pásu na agregátu s tímto pásem	nedbalost obsluh	úraz rukou, úraz hlavy	pás opatřit krytem		
		není žádáný	ochrana řezného prostoru pilového pásu	nepozornost obsluhy, vkrčení do prostoru pásové pily při řezu	úraz rukou, úraz hlavy	zamezit vstupu do prostoru při řezu pily		optická závora
		vyšší	vysoká setrvačnost pohonu pásu	nedbalost obsluhy	úraz rukou	okamžité zastavení pohonu pásu při nebezpečné situaci		elektro-mechanická brzda
3	předřez	není žádáný	žádáný kryt	nedbalost obsluhy	úraz rukou, úraz nohou	kotouč opatřit krytem		
4	posuv pily (vertikálně)	není žádáný	žádáný kryt	nedbalost obsluhy	úraz rukou	převody opatřit krytem		
5	pojezd po kolejničích	není	žádáný kryt	nedbalost obsluhy	úraz rukou, úraz nohou	převody a pojezd kola opatřit kryty		
6	spouštění pracovního cyklu	není žádáný	žádné zabezpečení pracovního prostoru	nepozornost obsluhy	optická závora			vypnout zařízení pokud obsluha vkročí do pracovního prostoru zařízení během pracovního cyklu
7	pracovní cyklus	není žádáný	pokles napětí	poškozené přírodní kabely	přerušení pracovního cyklu, úraz el. proudem	pravidelné revize el. Zařízení		včasná výměna poškozených kabelů
8		není žádáný	jakákoliv	nedbalost obsluhy, poškození a chybná funkce zařízení	úraz el. proudem, úraz některé části těla	odepnutí přívodu elektriny do celého zařízení		bezpečnostní okruh

Obrázek 18: Pracovní výkaz bezpečnosti práce s pásovou pilou

NÁZEV STUDIE: Provozní spolehlivost pásové pily										LIST č. 2 ze 2	
SLOŽENÍ TÝMU: Dalibor Filipický										DATUM: 22.3.2015	
UVAŽOVANÁ ČÁST: Pásová pila											
Č.	Prvek	Vodící slovo	Odchyłka	Možné příčiny	Následky	Bezpečnostní opatření	Komentáře	Požadovaná opatření			
1	Pohon pilového pásu	větší	nárůst proudu hnacím motorem	tupý pás, rychlý posuv, nedostačující chlazení, kvalita pásu	poškození motoru	proudová ochrana		naostření pásu			
		a také	prasknutý pás	kvalita pásu	zastavení pracovní činnosti	správné vypnutí pásu		časté kontroly stavu pásu, a včasná výměna			
2	předřez	větší	větší proud zatížení	tupý kotouč	poškození motoru	proudová ochrana		časté kontroly stavu kotouče a včasná výměna			
3	posuv rámu pily	jiný než	posuv pily při pracovním cyklu	nepozornost obsluhy	poškození pilového pásu	blokování posuvu po puštění pracovního cyklu		blokovat posuv pily			
		a také	kolize s upínacími segmenty	chybné nastavení výšky pásu a uchycení kmene	strhání pilového pásu			zvýšená pozornost při upevňování kmene			
4	pojezd pily po koleji	není žádný	nedojde k pojezdu	selhání motoru	nutnost zastavení procesu	není		dohled nad funkcí zařízení			
				poškození el. Vedení	nutnost zastavení procesu	není		kontrola stavu vodičů			
		jiný než	sjetí rámu pily z kolejnic	selhání koncového snímače, vadné vodiče	poškození konstrukce	koncové snímače					
5	odsávání	není žádný	odtah pilin	poškozený ventilátor	hromadění pilin na pracovišti			kontrola funkce odsávání			
				poškozené elektrické vedení	hromadění pilin na pracovišti			kontroly stavu vodičů			
		menší	malý odtah pilin	slabý ventilátor	hromadění pilin na pracovišti			instalovat výkonnější ventilátor			
				ucpané potrubí	hromadění pilin v pracovním prostoru			vyčištění potrubí			
				plný zásobník	hromadění pilin v pracovním prostoru			vyprázdnit zásobník			

Obrázek 19: Pracovní výraz provozní spolehlivosti zařízení

Na základě zkoumání a vyhodnocování by měla být vytvořena výsledná zpráva o studii HAZOP, která by měla obsahovat souhrn, závěry, předmět, cíle, pracovní výkazy HAZOP, seznam výkresů, dokumentace používaný ve studii, odkazy na předchozí studie, databáze atp.

Jelikož analýza rizik metodou HAZOP je dlouhodobá a obsáhlá práce týmu odborníků v daném oboru, je proto v této bakalářské práci prezentována pouze ve zjednodušeném tvaru.

5 BEZPEČNOSTNÍ PRVKY A DALŠÍ VYLEPŠENÍ

V této kapitole jsou navrženy vylepšení a bezpečnostní prvky, které by měly být na pásovou pilu implementovány. Převážná většina těchto vylepšení vychází z analýzy rizik studie HAZOP.

5.1 Snímač koncové polohy

Pohony většinou vyžadují indikaci koncových poloh. V minulosti se k tomuto účelu používaly hlavně mechanické spínače ovládané vačkou nebo jiným mechanismem. Toto řešení je jednoduché, má však některé nevýhody. K těm největším nevýhodám patří menší spolehlivost zařízení, které obsahuje pohyblivé části. Může dojít ke zlomení pružin způsobenému únavou materiálu. Spínač může „zamrznout“ v jedné poloze působením nečistot nebo mohou skutečně zamrznout vnější části mechanismu. Tyto nevýhody odstraňuje instalace bezkontaktního spínače tzv. přibližovacího čidla, viz Obrázek 20. [9]

Na kritických místech zařízení je vhodné tyto koncové snímače zdvojit, využít tak na indikaci koncové polohy dva snímače založené na různých principech snímání.

V praxi bývají nejčastěji tyto snímače připojeny prostřednictvím ovládacích relé, stykačů silových obvodů nebo jako vstup programovatelného logického automatu. Tyto snímače musí být bezpodmínečně implementovány na fyzické zařízení, neboť jsou velice důležité pro správnou funkci řídicího systému. [9]



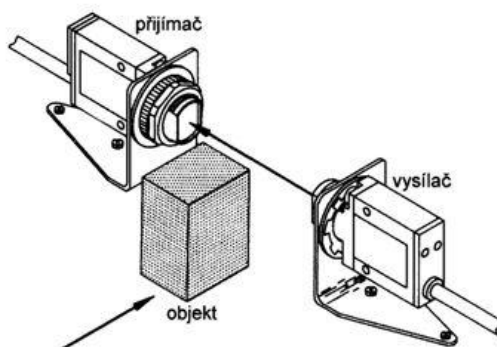
Obrázek 20: Indukční snímače koncové polohy [9]

5.2 Světelná závora

Světelná závora je elektronicko-optický prvek, který zjišťuje přerušení světelného paprsku. Například lze takto detekovat neoprávněný vstup do prostoru pásové pily, pokud je pila zapnutá a provádí se řez. Přerušení této závory může způsobit spuštění alarmu nebo okamžité zastavení pásové pily s aktivací elektromechanické brzdy na zkrácení času doběhu pilového pásu. Závora by se dala implementovat podél kolejnic, aby obsluha nevstupovala do pracovního prostoru, vstup by byl povolen jen v případě ukončení řezu ve fázi cyklu, kdy je pila zastavena a obsluha má za úkol odebrat prkno. Toto opatření by se muselo implementovat i do řídicího programu v programovatelném automatu. Toto opatření není součástí řídicího programu simulovaném v následujících kapitolách.

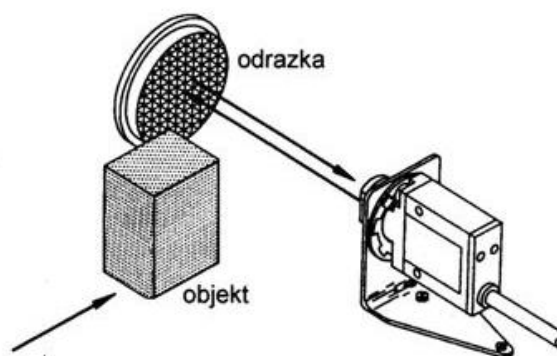
Existuje několik variant světelných závor, které by bylo možné na pásovou pilu implementovat: [10]

- jednocestná závora - zdroj vysílá světlo, které se dostává k přijímači. Pokud se jeho dráha přeruší překážkou, výstup senzoru se aktivuje.



Obrázek 21: Jednocestná závora [10]

- reflexní závora - reflexní závory vyzařují světlo, které se po odrazu od odrazky vrací zpět. Výstup se aktivuje při přerušení optické dráhy paprsku překážkou.



Obrázek 22: Reflexní závora s odrazkou [10]

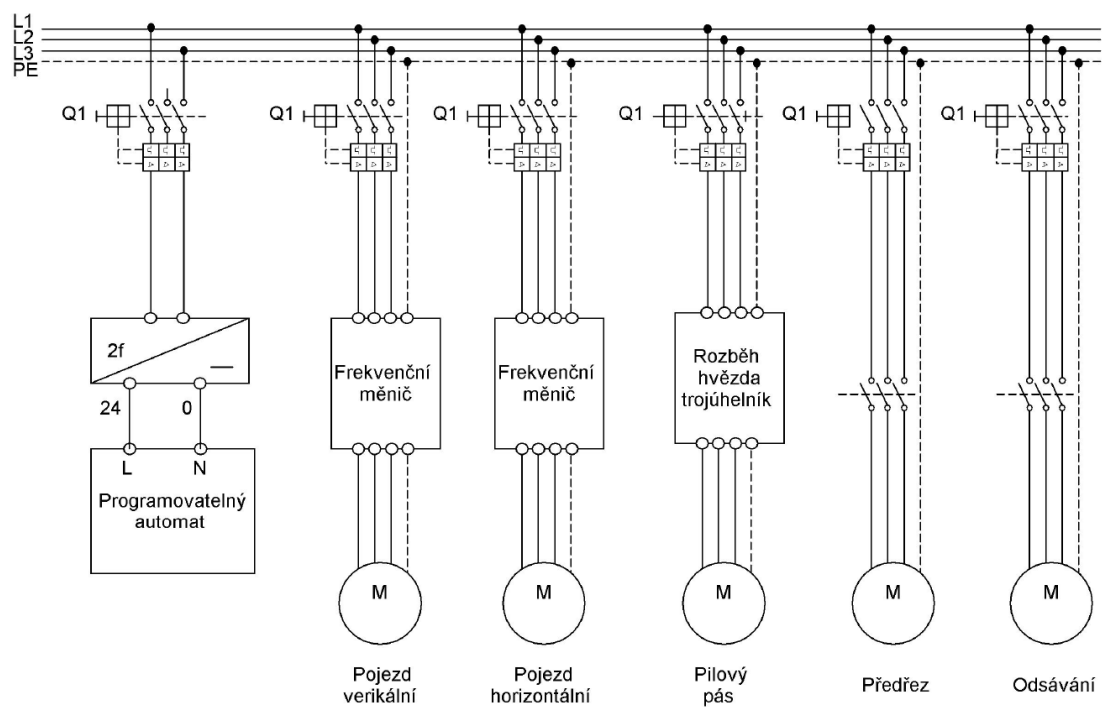
- světelný závěs je složen z více světelných paprsků



Obrázek 23: Světelný závěs [11]

5.3 Bezpečnostní okruh

Bezpečnostní okruh je důležitý pro případ, že nastane nečekaná či vysoce nebezpečná situace, kdy by mohlo dojít k poškození zařízení nebo i ohrožení bezpečnosti obslužného personálu. Bezpečnostní okruh slouží k rychlému odepnutí zařízení od elektrické energie. Je převážně realizováno Stop tlačítkem, které rozepne stykače viz Obrázek 24.



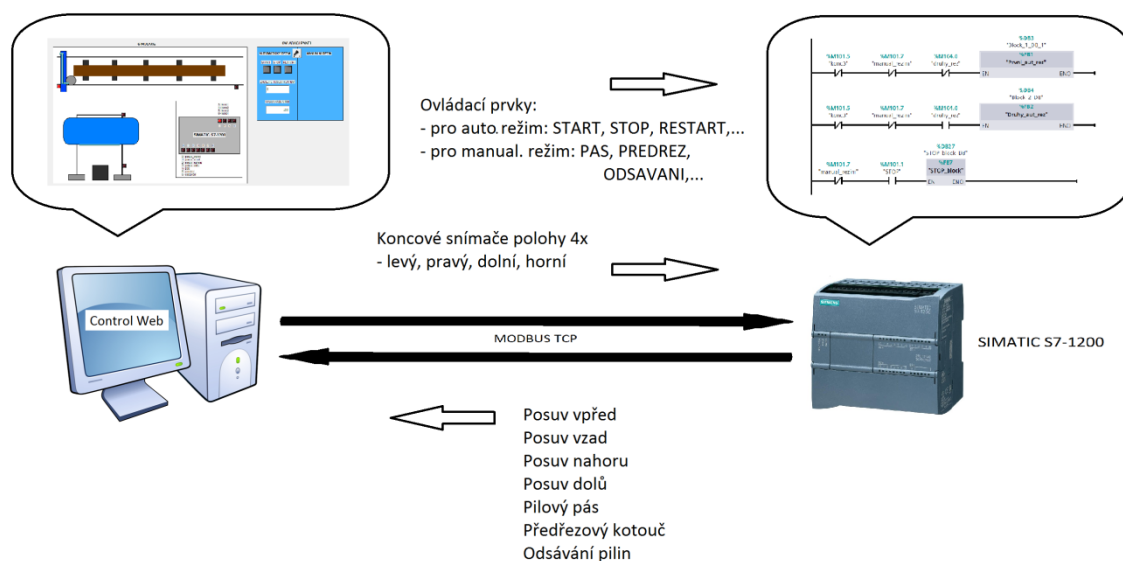
Obrázek 24: Bezpečnostní okruh a schéma silového rozvodu el. energie

6 NÁVRH A IMPLEMENTACE ŘÍDICÍHO SYSTÉMU

K návrhu řízení mechanismu pásové pily je použit programovatelný automat SIMATIC S7-1200, programovatelný pomocí softwaru TIA Portal. Ovládání pily a simulace některých důležitých prvků, jako jsou koncové snímače a snímač vzdálenosti, které prozatím nejsou součástí skutečného fyzického zařízení, jsou simulovány pomocí aplikace vytvořené v Control Webu. Součástí této aplikace je také na základě výstupů z programovatelného automatu simulovat jednotlivé funkce pásové pily, jako například pojezdy, funkci pilového pásu, odsávání pilin a dalších. Samotný řídicí program je vytvořen v prostředí TIA portálu v jazyce LAD a nahrán do SIMATIC S7-1200. Ke komunikaci mezi Control Webem a PLC je použit MODBUS TCP. Jedná se o komunikační protokol na úrovni aplikační vrstvy ISO/OSI modelu, umožňující komunikaci typu klient-server (master-slave) mezi zařízeními na různých typech sítí a sběrnic.

Na obrázku Obrázek 25 je vidět, jak uživatel ovládá pomocí ovládacího panelu vytvořeného v rámci aplikace v Control Webu důležité proměnné, které jsou předány do PLC. Na základě těchto proměnných je v PLC vyhodnoceno, jaké akce se provedou. Vyhodnotí se, jaké výstupy budou spuštěny, s jakou časovou prodlevou a v jakém pořadí.

Veškeré výstupy spouštěné z PLC jsou v té stejné aplikaci v PC stanici zobrazovány a uživatel vidí pohyb a funkci jednotlivých částí pily. Součástí simulace v PC stanici je simulace koncových snímačů, které reagují na pohyb rámu s pilovým pásem a stejně jako skutečné koncové snímače spínají v případě, že daná část systému dosáhne krajní meze.



Obrázek 25: Komunikace mezi SIMATIC S7-1200 a PC

6.1 Prvky řídicího systému

V této kapitole jsou představeny jednotlivé části řídicího systému a to konkrétně programovatelný automat od firmy SIEMENS s označením SIMATIC S7-1200 a prostředí, které je využíváno k jeho programování.

6.1.1 SIMATIC S7-1200

Jedná se programovatelný logický automat od firmy Siemens, který je využit jako řídicí jednotka pro pásovou pilu.

Mezi základní specifikace tohoto zařízení patří: [12]

- CPU 1214C DC/DC/DC (napájení, vstup, výstup),
- kompaktní CPU
- integrované I/O:
 - 14 DI 24 VDC
 - 10 DO 24 VDC
 - 2 AI 0 - 10 VDC
- rozhraní- Integrovaný port RJ45, RS232 a RS485 volitelný
- podporované protokoly - TCP/IP, ISO-on-TCP, USS drive protocol, Modbus (Master / Slave)
- napájení 20,4 - 28,8 VDC,
- paměť program 20 MB, uložená data 50 kB



Obrázek 26: SIMATIC S7-1200 [12]

6.1.2 TIA Portal a programovací jazyk LAD

TIA (Totally Integrated Automation Portal) portál je software, který obsahuje několik softwarových nástrojů. Pro programování PLC slouží Step7 V11.

TIA Portal je ve dvou základních variantách. Jednodušší a levnější možností je verze Basic, která je určena pro programování pouze PLC řady S7-1200. Dražší provedení je verze Professional, která nabízí plnou podporu programovacích jazyků LAD, FBD, SCL, STL, S7-GRAPH vyhrazených pro programování PLC řad S7-1500, S7-300, S7-400. [13]

Vývoj uživatelských aplikací pro PLC a decentralní periferie, projektování panelů HMI, rozsáhlých vizualizací SCADA, síťových komponent a komunikačních prvků i konfigurace a uvádění pohonů do provozu, to vše je integrováno do společného softwarového prostředí s jednotným a jednoduchým ovládáním z jedné jediné plochy. Umožňuje zrychlení tvorby uživatelských aplikací, vyšší konzistenci dat a zároveň jednoduchou a transparentní strukturu celého řešení, která lze snadno měnit nebo doplňovat a která zjednodušuje diagnostiku v běžném provozu, tedy i údržbu a servis automatizační techniky. [13]

TIA Portal se úspěšně usídlil v mnoha oborech. Má mnoho charakteristických a systémových vlastností, jako je programování, diagnostika, komunikace, obecná bezpečnost a robustnost. [13]



Portal view

- ① Portals for the different tasks
- ② Tasks for the selected portal
- ③ Selection panel for the selected action
- ④ Changes to the Project view



Project view

- ① Menus and toolbar
- ② Project navigator
- ③ Work area
- ④ Task cards
- ⑤ Inspector window
- ⑥ Changes to the Portal view
- ⑦ Editor bar

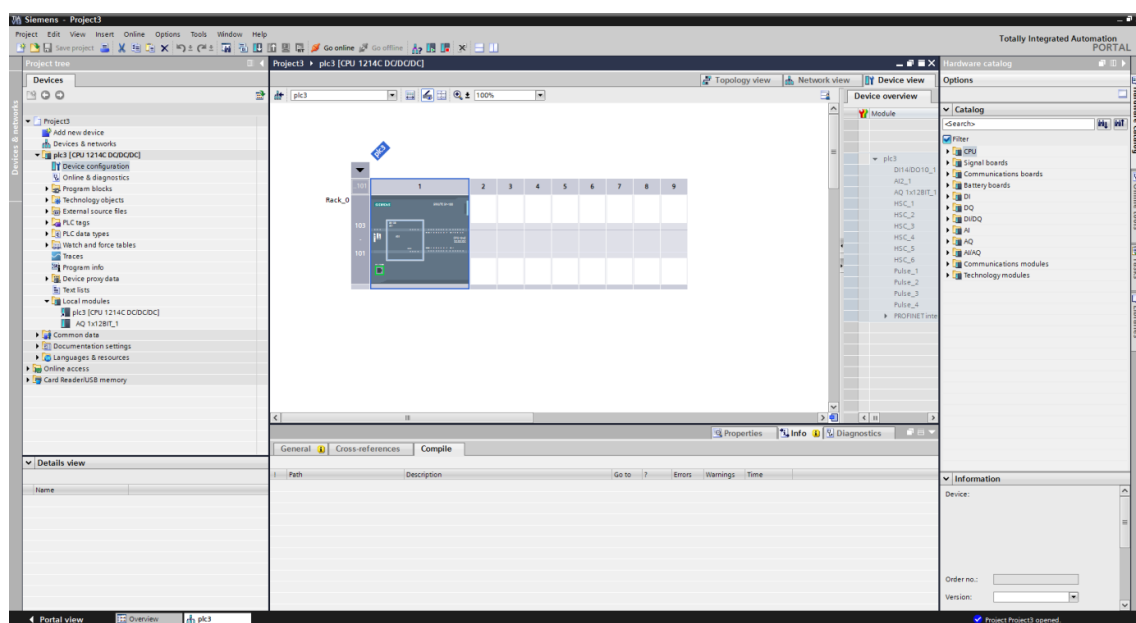
Obrázek 27: Prostředí TIA Portal [13]

6.2 Konfigurace spojení

Nejdůležitějším krokem před samotným vytvářením programu je zapotřebí spojit se s fyzickým zařízením, aby mohlo být naprogramováno. Důležité je vytvořit také komunikaci mezi PLC a aplikací vytvořenou v Control Webu běžící na PC přes MODBUS TCP k přenosu dat mezi těmito zařízeními.

6.2.1 Konfigurace MODBUS/TCP v TIA Portal

Nejprve se spustí TIA Portal a otevře se první položka v diagramu *Configure a device*. Kliknutím na *Add new device* na obrazovce *Show all devices* se přidá stanice. Ze skupiny *Controllers* se vybere *SIMATIC S7-1200* a příslušný procesor *CPU - CPU 1214C DC/DC/DC - 6ES7 214-1AG40-0XB0* a zařízení se přidá tlačítkem *Add*. Software se přepne do *Project view* prostředí do okna s definováním hardwaru, kde už je přidána stanice. Nahrání hardwarové konfigurace se provedou kliknutím na ikonu *Download to device*. Poklepáním na *Online & diagnostics* se otevře modul pro nastavování komunikace se stanicí. Je vybrána PG/PC type interface *PN/IE*, PG/PC interface se vybere *Intel PRO/100*. V sekci *Functions* je zapotřebí zkontrolovat nastavení jména stanice příslušné IP adresy. [14]

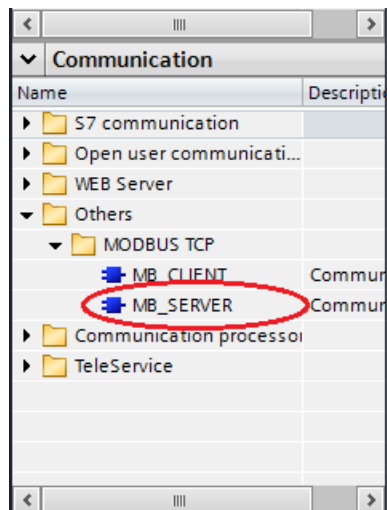


Obrázek 28: Prostředí TIA Portal [14]

Řídící algoritmus na straně PLC bude zároveň vystupovat jako slave (server) zařízení na sběrnici Ethernet. Teda bude zpřístupňovat svoje vstupy, výstupy a uchovávací registry nadřízenému master (klient) zařízení – Control Web. Tato

funkcionalita se implementuje vložením a periodickým voláním bloku (instrukce) MB_SERVER. [14]

Blok MB_SERVER se nachází vpravo v panelu *Instructions\Communication*, jako je znázorněno na obrázku Obrázek 29. Pro správnou funkčnost serveru je nutné tento blok volat v každém cyklu, teda je nutné ho vložit do OB1 (Mainu) bez jakýkoliv kontaktů. [14]

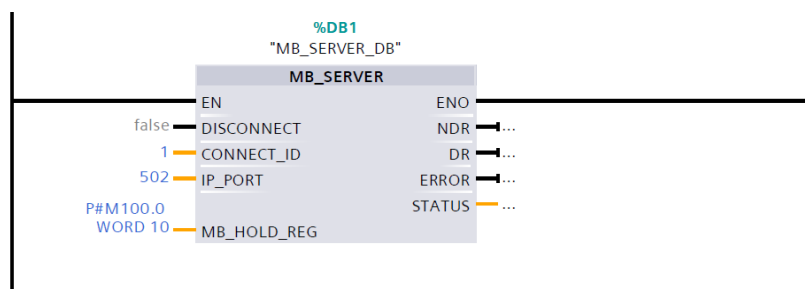


Obrázek 29: Výběr MB_SERVERU ze záložky "Communication" [14]

Obrázek 30 znázorňuje vzorové zapojení bloku MB_SERVER.

Níže je popsán seznam důležitých vstupů a výstupů: [14]

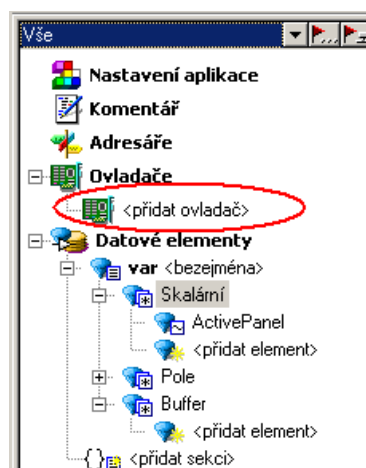
- *DISCONNECT* (IN, Bool) – Pokud má tento vstup hodnotu *false*, server přijímá nové spojení.
- *CONNECT_ID* (IN, UInt) – Unikátní identifikace každého spojení.
- *IP_PORT* (IN, UInt) – IP port, defaultní hodnota pro protokol MODBUS TCP je 502
- *MB_HOLD_REG* (IN_OUT, Variant) – Paměťový registr umístěný v oblasti M nebo jako globální DB. Je vhodné použít tento registr na nastavování parametrů řídicího algoritmu v PLC pomocí nadřazeného SCADA systému – *Control Web*



Obrázek 30: Konfigurace prvku MB_SERVER

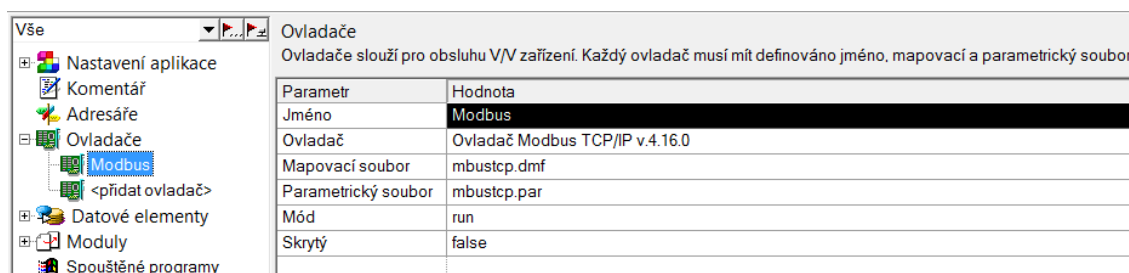
6.2.2 Konfigurace MODBUS/TCP v Control Web

Nejdříve je nutné přejít do záložky *Datové Inspektory*. Tímto se změní vzhled programu. V stromové struktuře se vybere možnost *<přidat ovladač>*. [14]



Obrázek 31: Přidání ovladače v Control Webu [14]

Po kliknutí na *<přidat ovladač>* je nutné nově vytvořený ovladač pojmenovat, potom je nutné vybrat *Ovladač*. Vybere se ovladač s názvem *Modbus TCP/IP* viz Obrázek 32. V dalším kroku je nutné vytvořit ve složce projektu mapovací (*.dmf) a parametrický (*.par) soubor a nastavit jejich názvy ve vlastnostech ovladačů. [14]



Obrázek 32: Přidání ovladače pro MODBUS TCP

Vzorový parametrický soubor pro použití MODBUS ovladačů v režimu TCP/IP je znázorněn na následujícím obrázku Obrázek 33:

```

[Modbus]
Mode = RTU
CheckTime = 50000
ConnectOnStartup = false
EnableMonitor = true
Timeout = 1000
DisablePresetSingleRegister = false
MaxRegistersInBlock = 100
TraceOutput = None

[Channels]
;-----
;Block = Address,      ChFrom, ChTo, Area, Ofs [,Subtype] [,Bidirect] [,ID:x] [;comment]
;-----
Block = 00@192.168.0.1, 100, 199, 4X, 1, int16, bidirect id:0101
Block = 00@192.168.0.1, 200, 299, 4X, 1, bits16, bidirect id:0102
Block = 00@192.168.0.1, 300, 399, 3X, 1, int16, id:0103
Block = 00@192.168.0.1, 1100, 1131, 1X, 1, id:0104
Block = 00@192.168.0.1, 1000, 1031, 0X, 1, bidirect id:0105

```

Obrázek 33: Parametrický soubor pro MODBUS TCP

Nejdůležitější je správně nadefinovat hodnoty v bloku *[Channels]*. Místo adresy *localhos* se zapíše adresa PLC. Dalšími parametry každého bloku je číslo počátečního kanálu daného bloku a číslo koncového kanálu. [14]

Následně se zadá oblast v cílové stanici (PLC) podle tabulky Tabulka 5.

Tabulka 5: Paměťové oblasti [14]

Následně se zadá oblast v cílové stanici (PLC) podlénsledující tabulky: Hodnota	Význam
4X	oblast paměťových registrů (<i>Holding Registers</i>)
1X	oblast digitálních vstupů (<i>Inputs</i>)
0X	oblast digitálních výstupů (<i>Coils</i>)
3X	oblast analogových vstupních registrů (<i>Input Registers</i>)

Vzorový mapovací soubor je znázorněn na obrázku Obrázek 34.

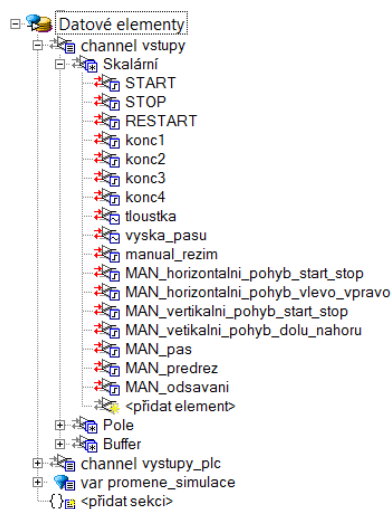
```

begin
    1 real input
    2 string input
    10 real input
    11 real input
    12 string input
    13 real input
    14 real input
    15 real input
    16 real input
    17 boolean output
    18 boolean output
    20 real input
    21 real input
    22 string input
    23 real input
    24 real input
    25 real input
    26 real input
    27 boolean output
    28 boolean output
    100 - 199 real bidirectional
    200 - 299 boolean bidirectional
    300 - 399 real input
    1000 - 1099 boolean bidirectional
    1100 - 1199 boolean input
end.

```

Obrázek 34: Vzorový mapovací soubor [14]

Aby bylo možné používat proměnné ovladače nadefinované v mapovacím souboru, je potřebné nadefinovat názvy a typy jednotlivých kanálů v kartě Datové inspektory:



Obrázek 35: Kanály - vstupy

Po přidání každého kanálu je vhodné ho náležitě pojmenovat, určit název ovladače, ze kterého se bude daná proměnná načítat a přiřadit mu číslo kanálu z mapovacího souboru ovladače. Ukázky jsou na obrázcích Obrázek 36 a Obrázek 37.

<div>Kanály</div> <div>Kanál slouží jako vazba mezi aplikací a V/V zařízením.</div>		
Parametr	Hodnota	Popis
name	START	Jméno
type	boolean	Datový typ
init_value		Počáteční hodnota
driver	Modbus	Ovladač
driver_index	200	Číslo kanálu ovladače
direction	bidirectional	Směr
timeout		Prodleva komunikace
comment		Komentář
color		Barva
mask		Zobrazovací maska pro zobrazení čísel

Obrázek 36: Kanál pro proměnnou START

<div>Kanály</div> <div>Kanál slouží jako vazba mezi aplikací a V/V zařízením.</div>		
Parametr	Hodnota	Popis
name	tloušťka	Jméno
type	real	Datový typ
init_value		Počáteční hodnota
driver	Modbus	Ovladač
driver_index	104	Číslo kanálu ovladače
direction	bidirectional	Směr
timeout		Prodleva komunikace
comment		Komentář
color		Barva
mask		Zobrazovací maska pro zobrazení čísel

Obrázek 37: Kanál pro proměnnou tloušťka

6.3 Tvorba řídicího programu a simulace fyzického zařízení

Poté co je vytvořena komunikace pomocí MODBUS TCP se lze přesunout k samotné tvorbě řídicího programu a vizualizace pohybů pily, na které budou postupně vytvořené funkce testovány.

6.3.1 Modifikace simulátoru

Nejdříve než bude vytvořen řídicí program pro SIMATIC, tak je potřebné vytvořit v Control Webu simulace funkce zařízení, která bude obsahovat ovládací panel a bude současně simulovat důležité prvky pásové pily, které jsou pro vytvoření automatizované funkce pily zásadní. Jedná se o koncové snímače polohy, které, jak už jsem se již dříve zmínil, musí být umístěny na každé straně kolejnic a na rámu nesoucí agregát.

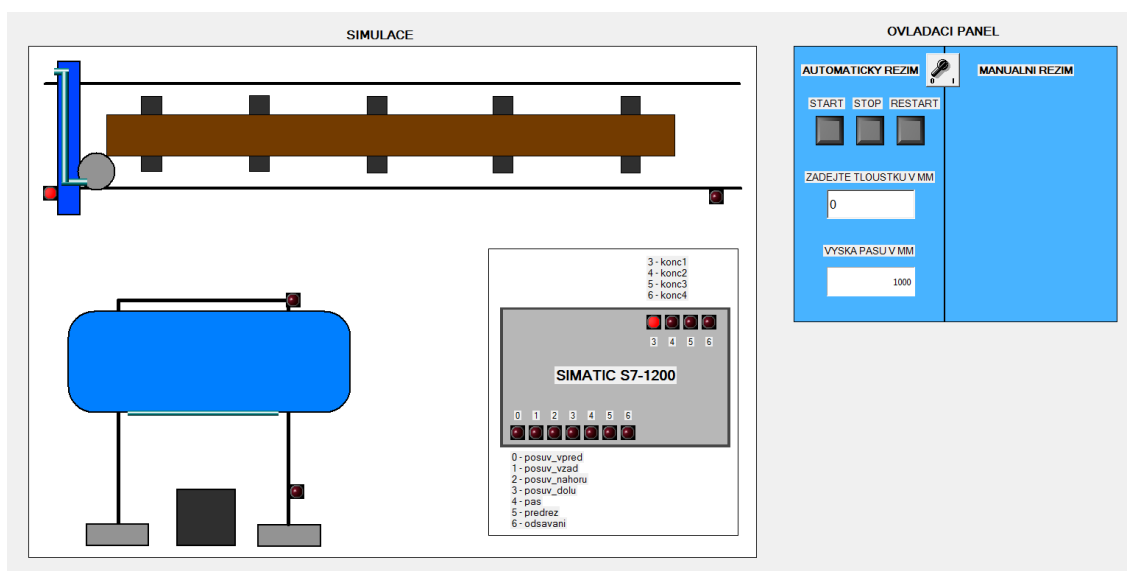
Simulace vytvořená pro kontrolu funkce řídicího programu v SIMATICU není zejména po grafické stránce dokonale propracovaná jako simulace vytvořené pro simulátory v předchozí kapitole, ale pro odladění programu je dostačující. Nemohlo být využito stejné grafické řešení, neboť simulace byly vytvářeny v Control Webu 6 a nyní bylo třeba využít Control Webu ve verzi 5, kvůli licenci pro ovladač MODBUS TCP, která byla pro verzi 5. Nižší verze Control Webu nepodporuje takovou škálu prvků pro práci s grafikou.

Aplikace je založena na práci s proměnnými. Proměnné používané v aplikaci jsou rozděleny na 3 skupiny. Jednou skupinou jsou proměnné přenášené přes kanály do PLC SIMATIC S7-1200. Jedná se o takzvané vstupní proměnné pro PLC, jako jsou tlačítka "START", "STOP", "RESTART", spouštěcí prvky z manuálního režimu ovládacího panelu a proměnné, které simulují funkci fyzických zařízení, jako je posuvné měřítko, kterým je zapotřebí měřit výšku pilového pásu od segmentů, na nichž leží kmen a také simulaci funkce snímačů koncové polohy. Tyto proměnné přenášené přes kanály do SIMATICU jsou zobrazeny na obrázku Obrázek 38. Druhou skupinou jsou proměnné, které jsou opět přenášeny pomocí kanálů a indikují spouštění výstupů v PLC. Jedná se o proměnné *posuv vpřed*, *posuv vzad*, *pilový pás*, *odsávání*, a další. Poslední skupinou jsou proměnné využívané pouze v rámci aplikace. Jsou to proměnné sloužící k zajištění posuvu grafických prvků po obrazovce ve dvou osách x a y. Tento posuv zajišťují programové prvky, ve kterých je pomocí podmínek "if-then" zajišťován posuv v předem řečených osách a zajišťují i změnu simulované (jinak vstupní analogové hodnoty převedené A/D převodníkem na číselnou hodnotu) hodnoty výšky pilového pásu.

Kanály					
Kanál slouží jako vazba mezi aplikací a V/V zařízením.					
name	type	init_value	driver	driver_index	direction
START	boolean		Modbus	200	bidirectional
STOP	boolean		Modbus	201	bidirectional
RESTART	boolean		Modbus	202	bidirectional
konc1	boolean		Modbus	203	bidirectional
konc2	boolean		Modbus	204	bidirectional
konc3	boolean		Modbus	205	bidirectional
konc4	boolean		Modbus	206	bidirectional
tloustka	real		Modbus	104	bidirectional
vyska_pasu	real		Modbus	105	bidirectional
manual_rezim	boolean		Modbus	207	bidirectional
MAN_horizont...	boolean		Modbus	208	bidirectional
MAN_horizont...	boolean		Modbus	209	bidirectional
MAN_vertikaln...	boolean		Modbus	210	bidirectional
MAN_vetikalni...	boolean		Modbus	211	bidirectional
MAN_pas	boolean		Modbus	212	bidirectional
MAN_predrez	boolean		Modbus	213	bidirectional
MAN_odsavani	boolean		Modbus	214	bidirectional

Obrázek 38: Skupina proměnných přenášena přes kanály do SIMATICU (vstupní proměnné)

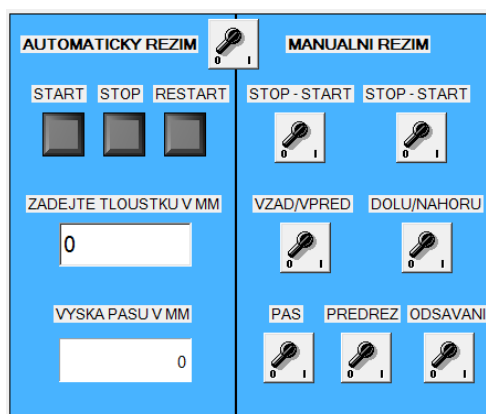
Simulace se opět skládá z několika částí podobně jako u dříve vytvořených simulátorů, jak je vidět na obrázku Obrázek 39. Simulace je oproti předchozím simulátorům obohacena o pohled na PLC SIMATIC. Jsou zde signalizované led diodami jednotlivé vstupy a výstupy stejně jako u reálného PLC. Označení jednotlivých výstupů je shodné s označením proměnných v řídicím algoritmu. Hlavní a nejdůležitější částí je ovládací panel.



Obrázek 39: Ovládací panel se simulací

Ovládací panel se skládá ze dvou přepínatelných režimů, viz Obrázek 40. Jsou to v podstatě sloučený funkce předchozích simulátorů. Jedná se tedy o režimy "AUTOMATICKY REZIM" a "MANUALNI REZIM". Mezi jednotlivými režimy se přechází pomocí přepínače. Důležité je také zdůraznit, že při přechodu, jak z

jednoho režimu do druhého, by měly být jednotlivé funkce vypnuté, neboť pokud by zůstaly některé zapnuté, je tu implementováno bezpečnostní opatření, kdy při přepnutí režimů dojde k vypnutí všech těchto funkcí. Ovládací panel je ošetřen také proti vícenásobnému stisknutí ovládacích tlačítek v automatickém režimu. Tato ošetření jsou vysvětleny v následující kapitole.



Obrázek 40: Ukázka ovládacích prvků ovládacího panelu v obou režimech

Řídicí panel může být realizován podle představ zákazníka. Může být například realizován pomocí aplikace vytvořené v Control Webu bez simulace pohybů (jen ovládací panel jak je v naší aplikaci), nebo také pomocí fyzických zařízení (vypínačů). Ale bylo by vhodné využít již vytvořený ovládací panel, jen by se odstranila část simulace a místo ní vložili jednoduché prvky jako jsou indikátory, které by barevně zobrazovaly spuštěné prvky.

Je důležité ještě jednou zdůraznit, že na rozdíl od simulátorů pásové pily vytvořených na začátku, je řídicí algoritmus součástí SIMATICU a Control Web pouze posílá pomocí vytvořených kanálů vstupní signály a naopak sbírá výstupní signály. Na základě výstupů PLC simulace v Control Webu spouští jednotlivé funkce pily a simuluje její funkci místo skutečného fyzického zařízení.

6.3.2 Vytvoření řídicího programu v SIMATIC

Ve fázi, kdy jsou v Control Webu vytvořeny prvky pro simulaci koncových spínačů, model pásové pily pro simulaci pohybu a také ovládací panel, lze se přesunout k samotné tvorbě řídicího programu v programovatelném automatu. Pro vytvoření algoritmu je využit jazyk Ladder (LAD).

Na začátku je zapotřebí definovat proměnné (tagy), které se budou v algoritmu vyskytovat. Některé proměnné je vhodné si definovat hned před samotným programováním a některé bude zapotřebí doplnit během tvorby algoritmu. Zde se jedná o takzvané pomocné proměnné. Proměnné, které jsou přenášeny pomocí kanálů, jsou shodně pojmenovány v aplikaci vytvořené v Control Webu i v programu v TIA Portál.

Paměťové oblasti se dělí na tři základní oblasti. Jsou to I - obrazy vstupů, Q - obrazy výstupů a M - oblast paměťových dat.

Proměnné používané v programu mohou být různého datového typu. Datový typ se volí podle potřeby velikosti informace, kterou tato proměnná uchovává a se kterou se při běhu programu pracuje. Na obrázku Obrázek 41 je přehled nejčastěji používaných datových typů využitelných při návrhu řídicího programu s uvedením rozsahů hodnot, jakých mohou nabývat, a jejich zápis.





Data type	Bit size	Number type	Number range	Constant examples	Address examples
Bool	1	Boolean	FALSE or TRUE	TRUE, 1,	I1.0
		Binary	0 or 1	0, 2#0	Q0.1
		Octal	8#0 or 8#1	8#1	M50.7
		Hexadecimal	16#0 or 16#1	16#1	DB1.DBX2.3 Tag_name
Byte	8	Binary	2#0 to 2#11111111	2#00001111	IB2
		Unsigned integer	0 to 255	15	MB10
		Octal	8#0 to 8#377	8#17	DB1.DBB4
		Hexadecimal	B#16#0 to B#16#FF	B#16#F, 16#F	Tag_name
Word	16	Binary	2#0 to 2#1111111111111111	2#1111000011110000	MW10
		Unsigned integer	0 to 65535	61680	DB1.DBW2
		Octal	8#0 to 8#177777	8#170360	Tag_name
		Hexadecimal	W#16#0 to W#16#FFFF, 16#0 to 16#FFFF	W#16#F0F0, 16#F0F0	
DWord	32	Binary	2#0 to 2#11111111111111111111111111111111	2#111100001111111100011111	MD10
		Unsigned integer	0 to 4294967295	15793935	DB1.DBD8
		Octal	8#0 to 8#3777777777	8#74177417	Tag_name
		Hexadecimal	DW#16#0000_0000 to DW#16#FFFF_FFFF, 16#0000_0000 to 16#FFFF_FFFF	DW#16#F0FF0F, 16#F0FF0F	

Obrázek 41: Přehled datových typů [15]

Nejdůležitější proměnné jsou vstupy a to zmiňované koncové snímače. Všechny vstupy jsou definované jako paměťové merkery "M" a ne jako klasické vstupy "I", neboť je zapotřebí tyto vstupy spínat a fyzické vstupy SIMATIC nelze spínat

softwarově jako jeho výstupy. Seznam těchto vstupů je na obrázku Obrázek 42. Ve fázi, kdy by byl tento algoritmus aplikován na fyzické zařízení, byly by koncové snímače zapojeny do slotů DI a v tabulce tagů by byly přepsány.








Příklad: %M101.3 by se přepsalo na %QI0.0

	konc1	Bool	%M101.3	False	True	True	Koncový snímač polohy (levý) na začátku kolejnic
	konc2	Bool	%M101.4	False	True	True	Koncový snímač polohy (pravý) na konci kolejnic
	konc3	Bool	%M101.5	False	True	True	Koncový snímač polohy (dolní) ve spodní části rámu
	konc4	Bool	%M101.6	False	True	True	Koncový snímač polohy (horní) v horní části rámu

Obrázek 42: Vstupy pro SIMATIC

Součástí tabulky tagů je další množství proměnných, které jsou ovlivňovány prvky z ovládacího panelu (start, stop restart), které by mohly také být připojeny jako klasické fyzické vstupy. Nyní jsou ukládány jako paměťové merkery, neboť se předpokládá, že ovládací panel bude realizován pomocí aplikace vytvořené v Control Webu, a pila bude ovládána z dotykové obrazovky počítače umístěného v rozvaděčové skříni o dostatečné výšce IP krytí (proti prachu a vlhkosti).

Další důležitou skupinou jsou veškeré výstupní proměnné pásové pily, viz Obrázek 43, které přímo spouští fyzické výstupy programovatelného automatu a pomocí nich jsou spouštěny pohony pohybů, které zajišťují frekvenční měniče a přímo spouští pomocí stykačů pohony funkcí jako je pohon pilového pásu, předřezového kotouče a odsávání.

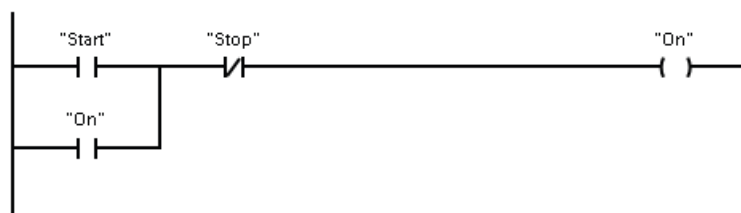
	posuv_vpřed	Bool	%Q0.0	False	True	True	Posuv pily vpřed
	posuv_vzad	Bool	%Q0.1	False	True	True	Posuv pily vzad
	posuv_nahoru	Bool	%Q0.2	False	True	True	Posuv pily nahoru
	posuv_dolu	Bool	%Q0.3	False	True	True	Posuv pily dolů
	pas	Bool	%Q0.4	False	True	True	Pilový pás
	predrez	Bool	%Q0.5	False	True	True	Předřezový kotouč
	odsavani	Bool	%Q0.6	False	True	True	Odsávání

Obrázek 43: Výstupy SIMATICU

Součástí proměnných jsou také pomocné proměnné, proměnné pro manuální ovládání pily a proměnné pro zabezpečení vícenásobných spuštění funkcí při běhu jiné funkce. Veškeré proměnné a jejich popis je součástí příloh v dokumentu "tag_table.pdf".

Řídicí program je vytvořen pomocí jazyka LAD. Programovací jazyk LAD (žebříková logika) je grafický programovací jazyk. Prvky na ukázkovém schématu na

obrázku Obrázek 44 jsou uzavřené a otevřené kontakty a cívka, která spíná výstup. Všechny tyto prvky jsou spojeny do tzv. sítě. [17]



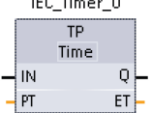
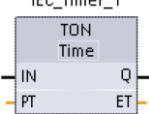
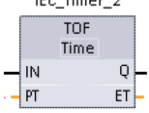

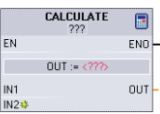
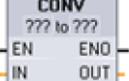
Obrázek 44: Ukázka programu psaného v jazyce LAD [15]

Pokud se vytváří složitější logika, využívají se kombinace sériových a paralelních spojení těchto kontaktů. Jazyk LAD obsahuje velké množství programových bloků pro celou řadu funkcí, jako jsou například matematické operace, různé časovače, čítače a mnoho dalších. Každý spoj (tzv. síť) v LAD diagramu musí být ukončena s cívkou nebo instrukcí (př. funkční blok).

Než budou popsány jednotlivé bloky sloužící k ovládání pásové pily. Je vhodné nejprve představit nejčastěji vyskytující se prvky v algoritmu. Tyto prvky jsou popsány v tabulce Tabulka 6.

Tabulka 6: Přehled nejčastěji používaných prvků z jazyku LAD [15]

LAD	Vysvětlení
<p>"IN"</p>	Sepnutý kontakt - sériovou nebo paralelní kombinací těchto kontaktů se vytváří kombinační logika.
<p>"IN"</p>	Rozepnutý kontakt - slouží k vytváření vlastní kombinační logiky
<p>"OUT"</p>	Na adresu výstupu je zapisovaná hodnota, která vychází z předchozí logické kombinace kontaktů.
<p>"OUT"</p>	Na adresu výstupu je zapisovaná opačná (negovaná) hodnota, která vychází z předchozí logické kombinace kontaktů.
<p>"OUT"</p>	Pokud dojde k aktivaci "S", adresa výstupu je nastavena na "1". Pokud není aktivován, výstup se nezmění.
<p>"OUT"</p>	Pokud dojde k aktivaci "R", adresa výstupu je nastavena na "0". Pokud není aktivován, výstup se nezmění.

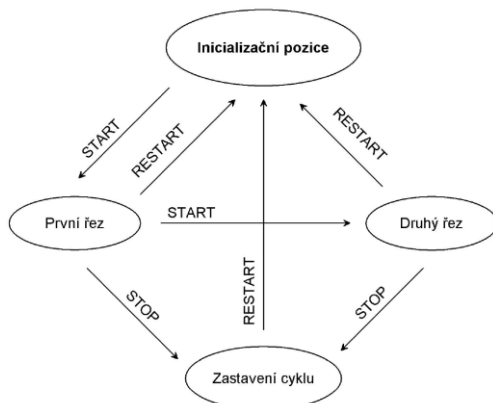
	Časovač TP generuje puls o nastaveném čas.
	Časovač TON nastaví výstup Q na ON po vypršení přednastaveného času.
	Časovač TOF nastaví výstup Q na OFF po vypršení přednastaveného času.
	<p>Tento blok porovná dvě hodnoty stejného typu dat. Pokud je podmínka splněna, kontakt je aktivován.</p> <p>Další možné varianty podmínek pro srovnávání dvou hodnot.</p>
Další používané znaky:	
= IN1 se rovná IN2	
<> IN1 se nerovná IN2	
>= IN1 je větší nebo se rovná IN2	
<= IN1 je menší nebo se rovná IN2	
> IN1 je větší IN2	
< IN1 je menší IN2	
	<p>Tento blok umožňuje vytvořit matematickou funkci ze zadaných vstupů IN1-n, kdy výsledek této funkce je zapsán do výstupu OUT</p> <p>Důležité je zvolit datový typ, vstupy musí být stejného datového typu. Počet vstupů lze měnit.</p>
	Převeďte datový prvek z jednoho datového typu do druhého.

U rozsáhlých a komplexních programů lze doporučit členění programu do jednotlivých bloků, v některých případech je toto členění nezbytné. Podle použití lze volit mezi různými typy bloků. [16]

V programu se využívají převážně funkční bloky - FB. Jsou to části programu, které jsou parametrizovatelné. Mají paměť proměnných uloženou v některém datovém bloku. Je možné každému volání funkčního bloku přiřadit jiný datový blok (se stejnou strukturou dat, avšak s jinými hodnotami). [16]

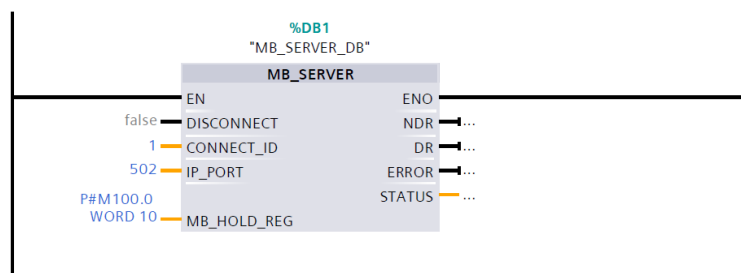
V řídicím algoritmu jsou použity výše popsané prvky LAD diagramu. Vzhledem k rozsáhlosti algoritmu zde bude popsána struktura algoritmu a popis jednotlivých částí. Program je rozdělen do několika funkčních bloků a to z důvodu přehlednosti kódu.

Program se skládá z funkčních bloků, které se pak dále skládají z dalších podprogramů. Na obrázku Obrázek 45 je vyobrazen stavový automat, který představuje funkci řídicího systému v automatickém režimu. Je zde patrné, mezi kterými stavy se přechází a za jakých vstupních podmínek.



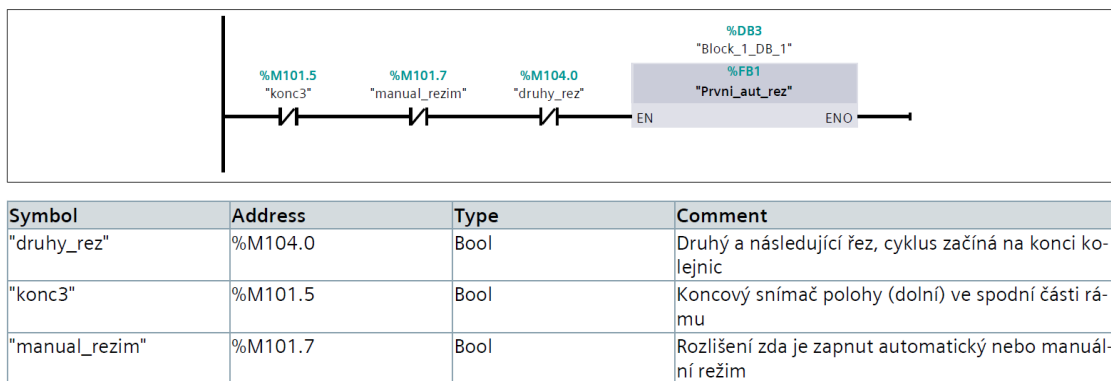
Obrázek 45: Stavový automat pro automatický režim ovládání

První částí je již zmíněný blok na konfiguraci MODBUS TCP, viz Obrázek 46. Jednotlivé části jsou popsány v kapitole "6.2 Konfigurace spojení".



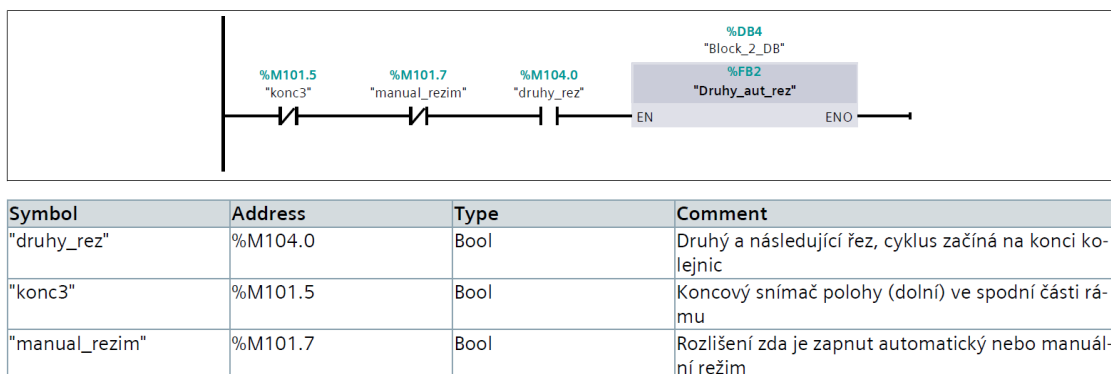
Obrázek 46: MB_SERVER

Funkční blok s názvem "První_aut_rez", viz Obrázek 47, je volán jen při prvním řezu. To znamená prvotní řez kmene, kdy je pásová pila v inicializační poloze a pila se po spuštění pohybuje zleva doprava po kolejnicích. Je to vždy řez, který následuje po funkci restart. Na konci tohoto bloku pro první řez se resetuje proměnná "První_rez", která způsobí, že druhý a další jiný řez bude zajišťovat funkční blok s názvem "Druhý_aut_rez".



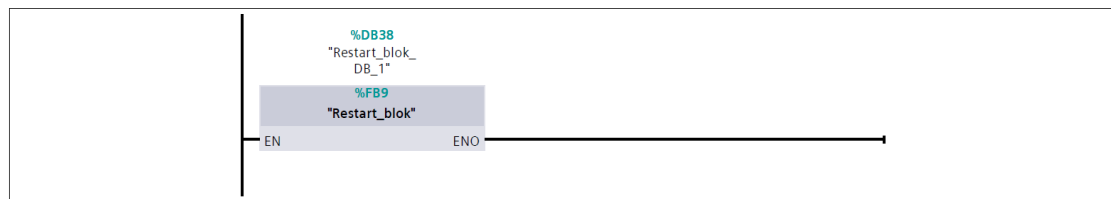
Obrázek 47: Blok který je volán při prvním řezu v řídicím algoritmu

Jak již bylo zmíněno, po prvním řezu následuje druhý řez, viz Obrázek 48. Pásová pila je na konci kolejnic (vpravo) a obsluha musí zadat tloušťku řezu. Následuje cyklus řízený z funkčního bloku "Druhy_aut_rez", kdy se pilový pás nejprve zvedne o 20 mm do výšky, aby při pohybu na začátek kolejnic nezavadil o kmen. Na začátku kolejnic je pohyb zastaven a je nastavena výška dalšího řezu (zadaná tloušťka), ke které je přičtena hodnota 20 mm o které se pila na konci zvedla. K této hodnotě je vhodné přičíst také tloušťku pilového pásu (řádově milimetry). Dojde k zapnutí veškerých funkcí a řezu. Nakonci se zařízení vypne a čeká na další instrukci obsluhy.



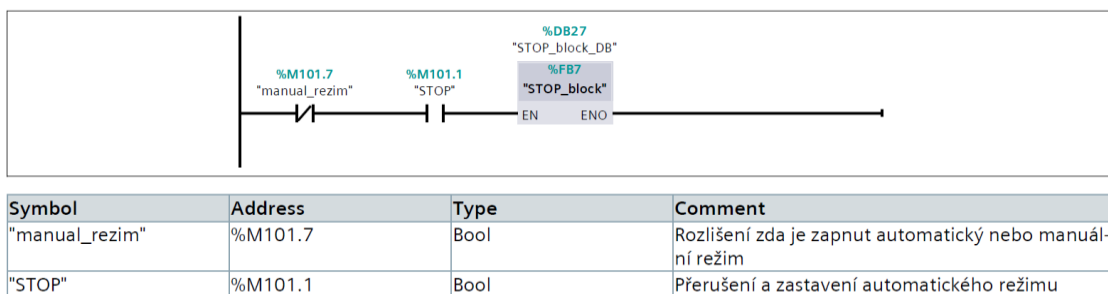
Obrázek 48: Blok který je volán pro druhý a následující řez v algoritmu

Blok na obrázku Obrázek 49 slouží k navrácení fyzického zařízení pily do její inicializační polohy, ze které vždy začíná první řez (začíná se zleva a řez končí vpravo). Tento blok je aktivován proměnnou "RESTART", která je umístěna uvnitř tohoto bloku, jejíž hodnota je měněna opět z ovládacího panelu stejnojmenným tlačítkem.



Obrázek 49: Blok pro navrácení pily do inicializační polohy

Network zobrazený na následujícím obrázku Obrázek 50 je funkce sloužící na zastavení algoritmu pro automatický řez pomocí "STOP" tlačítka umístěného na ovládacím panelu. Dojde k okamžitému vypnutí všech funkcí pily a také vypnutí všech pomocných proměnných (tzv. pomocných tagů) používaných v algoritmu.



Obrázek 50: Zastavení řezu v automatickém režimu

Následující network se bude zabývat převodem datových typů a standardizací hodnot. Nejprve bude tedy vysvětleno co je tzv. standardizace.

Zpracování analogových signálů a zvláště jejich digitalizace je poměrně složité. Dnes, stejně jako v minulosti, jsou stále aktuální metody umožňující dosažení vysoké přesnosti přenosu a potlačení rušivých signálů. Značného pokroku se dosáhlo ve vývoji čidel a převodníků, ale i tak zůstávají nejméně spolehlivým článkem automatizačních systémů. Je to dáno hlavně tím, že jsou v přímém kontaktu s procesem. [16]

Logické i číselné operace v procesoru jsou v podstatě jednoduchou záležitostí, protože se provádějí s binárními hodnotami, které jsou číslíkovému počítači vlastní. Přírodní fyzikální jevy jsou naopak charakterizovány spojitými fyzikálními veličinami, jejichž hodnoty, mají-li být srozumitelné pro počítač musí být digitalizovány. Proto se veličiny jako je teplota, tlak, průtok apod., převádějí do číslíkové reprezentace. Pro tento účel se v programovatelných automatech používají vstupní a výstupní analogové moduly. [16], [17]

Analogové vstupní moduly převádějí analogové signály z procesu do číslíkového tvaru. Analogové hodnoty, ať vstupní nebo výstupní, jsou prezentovány jako čísla s pevnou řádovou čárkou v dvojkovém doplňku. Toto vyjádření má následující formát, viz Obrázek 51. [16]

Bit	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Hodnota bitů	2^{15}	2^{14}	2^{13}	2^{12}	2^{11}	2^{10}	2^9	2^8	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0

Obrázek 51: Vyjádření bitů [16]

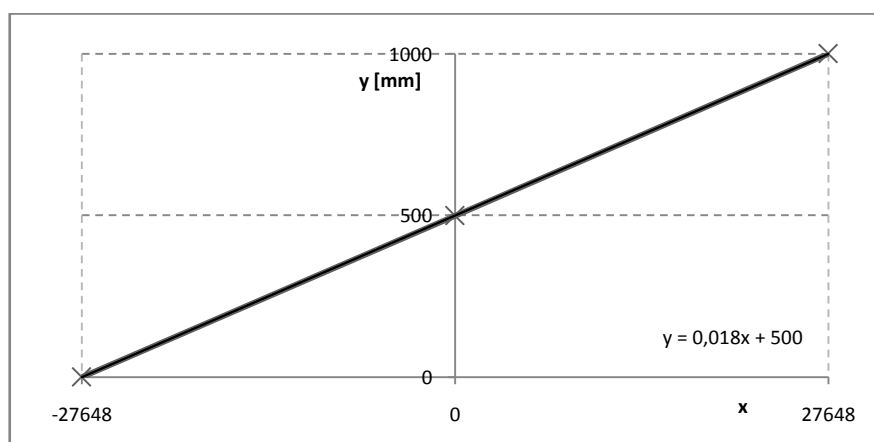
Znaménko analogové hodnoty je vždy určeno bitem číslo 15:

„0“ znamená +

„1“ znamená –

Podílí-li se na vyjádření analogové hodnoty všech 16 bitů, mluvíme o 16 - bitovém rozlišení. Rozlišení je jedním z charakteristických parametrů analogového modulu. Pokud je rozlišení menší než 16 bitů, je analogová hodnota uložena v bitech z levé strany. Nepoužité bity na dolních pozicích jsou vyplněny nulami. Důležitou vlastností vstupního analogového modulu je typ signálu, který má modul číst a jeho rozsah. Podle typu signálu rozlišujeme vstupní moduly napěťové, proudové, odporové, moduly pro měření odporových teploměrů nebo termočlánků. Tyto typy vstupních modulů se dále dělí podle rozsahů měřeného napětí, či proudu nebo podle provedení teploměrů. Mezi nejčastěji používané vstupní analogové moduly patří moduly s kanály pro měření proudového signálu 4 – 20 mA a napěťového signálu 0 – 10 V. [16]

Standardizace analogových hodnot je vytvořena pomocí bloku CALCULATE. Výsledkem je hodnota v inženýrských jednotkách. Standardizace se provádí, neboť jak už bylo zmíněno, analogový vstupní modul dává číselnou hodnotu datového typu INTEGER, která představuje měřenou hodnotu vstupní proměnné (např. výška pilového pásu) označované jako periferní hodnoty. Je tedy zapotřebí tuto periferní hodnotu převést na reálné číslo v příslušných inženýrských jednotkách, které se bude nacházet v zadaných mezích. Procedura, která tuto funkci vykoná, se nazývá standardizace analogové hodnoty. Na obrázku Obrázek 52 je ukázka standardizace. S takto vytvořenou reálnou hodnotou může uživatelský program dále pracovat. [16]



Obrázek 52: Příklad standardizace

Odvození rovnice podle které se standardizace provádí: [16]

$$y = (x - k1) / (k2 - k1) * (MAX - MIN) + MIN \quad (1)$$

Konstanty $k1$ a $k2$ se jsou periferní hodnoty.

$$k1 = -27648$$

$$k2 = 27648$$

Hodnoty MIN a MAX jsou limity v inženýrských jednotkách.

MIN = 0
MAX = 1000

Výpočet vychází z rovnice (1):

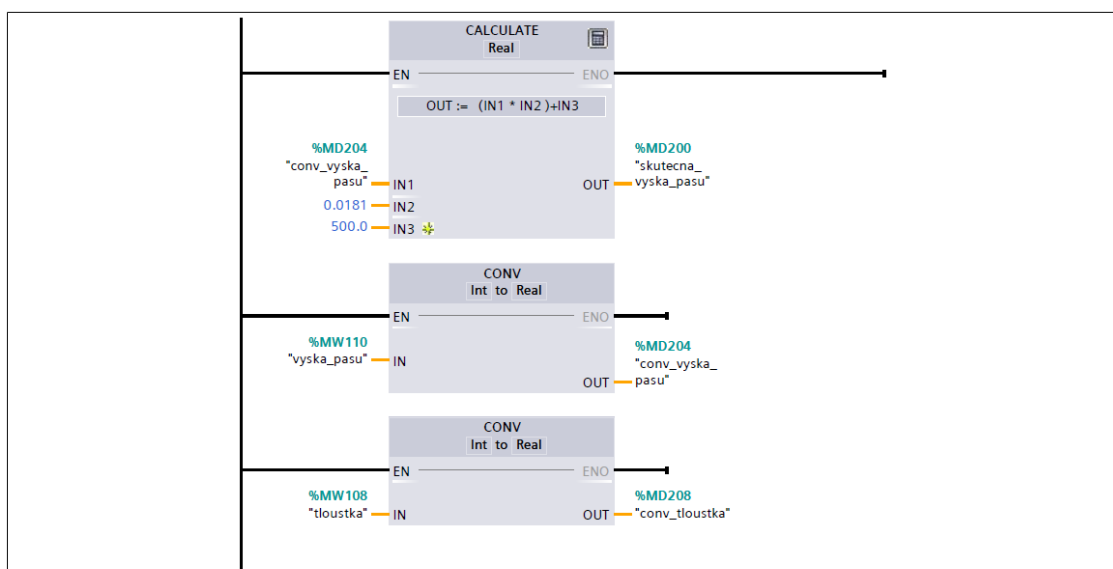
$$y = (x - k1) / (k2 - k1) * (MAX - MIN) + MIN$$

$$y = (x - (-27648)) / (27648 - (-27648)) * (1000 - 0) + 0$$

$$y = (x+27648)/(55296)*1000$$

$$y = 0,018x+500$$

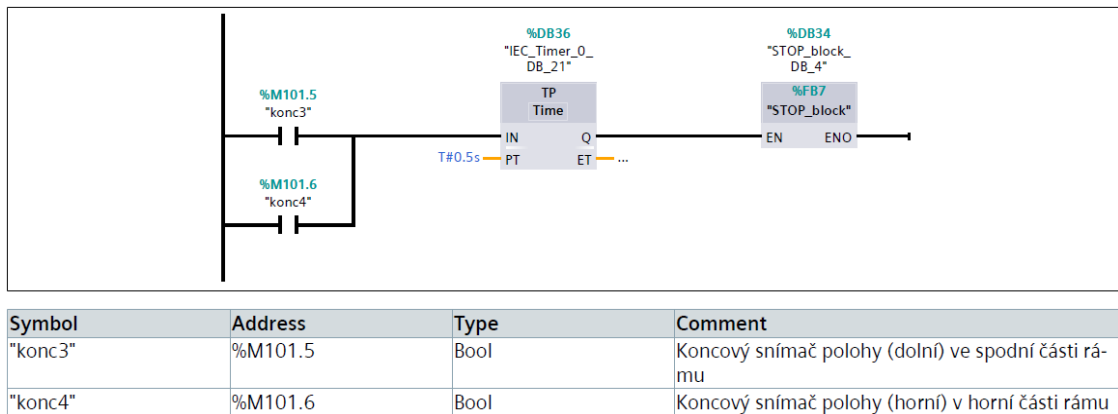
Součástí Networku na obrázku Obrázek 53 je také převod proměnných z datového typu INT do datového typu REAL, hlavním důvodem je, aby se s těmito hodnotami mohlo dále pracovat při výše uvedené standardizaci.



Symbol	Address	Type	Comment
"conv_tloustka"	%MD208	Real	Tloušťka prkna po převedení na daný datový typ
"conv_vyska_pasu"	%MD204	Real	Výška pilového pásu po převedení na daný datový typ
"skutecna_vyska_pasu"	%MD200	Real	Výška pásu převedená na hodnotu v inženýrských jednotkách (mm)
"tloustka"	%MW108	Int	Tloušťka řezu zadaná v ovládacím panelu
"vyska_pasu"	%MW110	Int	Okamžitá výška pilového pásu

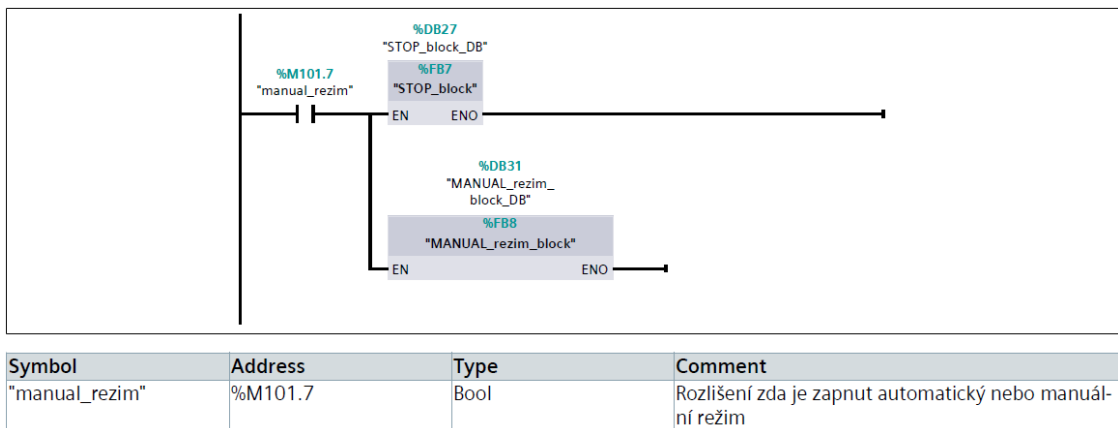
Obrázek 53: Převod datových typů a standardizace analog. hodnot

Část programu na obrázku Obrázek 54 zajišťuje ochranu proti nebezpečnému kontaktu pilového pásu se segmenty na uchycení kmene a také proti kontaktu horní části rámu s agregátem s pilovým pásem při nastavování výšky řezu jak v režimu automatickém, tak v režimu manuálním. Pokud dojde ke spuštění některého z koncových snímačů dojde k zastavení celého zařízení.



Obrázek 54: Ošetření proti kolizi

V části programu na obrázku Obrázek 55 je vytvořen manuální režim pro ovládání pásové pily. Pokud je na ovládacím panelu přepnut režim z automatického do manuálního, je zavolán blok "STOP_blok", který zajistí vypnutí veškerých funkcí pily. Následně může uživatel spouštět jednotlivé funkce ručně z ovládacího panelu.



Obrázek 55: Manuální režim ovládání

Ještě je třeba vyzdvihnout, že ovládání pily je zabezpečeno proti nedbalé nebo nezkušené obsluze. Případy, proti kterým je algoritmus v "AUTOMATICKEM REZIMU" programově ošetřen:

- Spuštění procesu tlačítkem "START" a následné jeho opětovné stisknutí během cyklu nevyvolá žádnou změnu procesu.
- Pokud je cyklus přerušen tlačítkem "STOP" nelze tlačítkem "START" opět v řezu pokračovat.
- Pokud je stisknuto tlačítko "RESTART" a pila se vrací do inicializační polohy, a je stisknuto tlačítko "START", tak algoritmus na tuto změnu nereaguje.

- Když se pila vrací do inicializační polohy a je stisknuto tlačítko "STOP" pila se zastaví (respektive její pohyb). Je možné však stisknutím "RESTART" opět spustit návrat do inicializační polohy.
- V případě že je pila ve fázi řezu a je stisknuto tlačítko "RESTART", nejprve se celý mechanismus vypne a následně se spustí návrat do inicializační polohy.

Případy, proti kterým je algoritmus ošetřen v "MANUALNIM REZIMU" jsou:

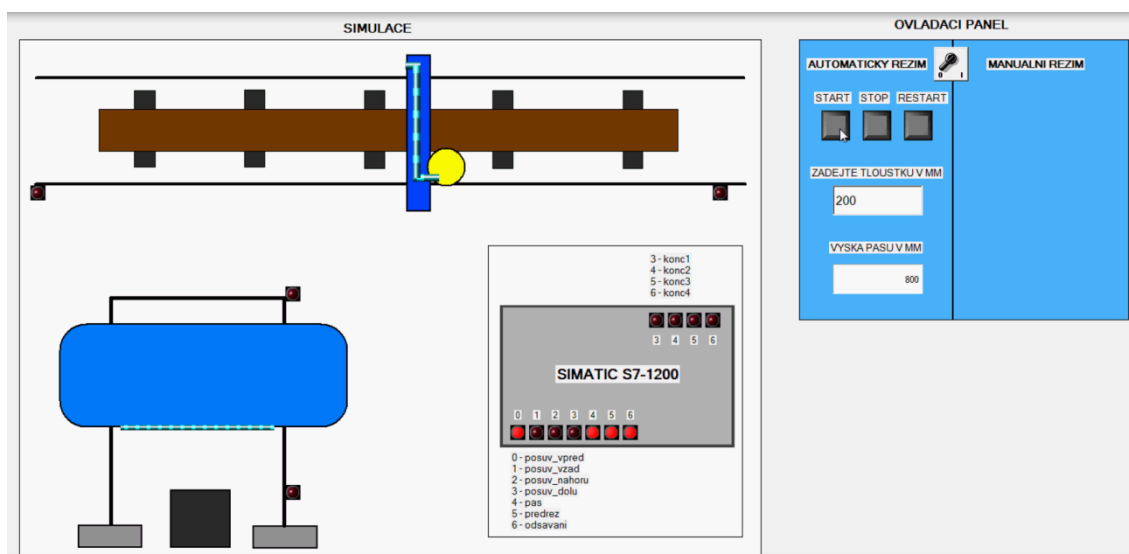
- Zastavení posuvu pily po kolejnicích i v případě, že obsluha posuv včas nevypne. Nedojde ke kolizi, jako by došlo u reálného fyzického zařízení před vylepšením. Pokud se sepne daný snímač koncové polohy, posuv se vypne.
- Stejně ošetření je i při posuvu agregátu po rámu (vertikálním pohybu), který tento agregát nese.

7 OVĚŘENÍ FUNKČNOSTI

Navržený řídicí systém tvořený programovatelným automatem od firmy Siemens s označením SIMATIC S7-1200 byl aplikován na simulátor vytvořený aplikací Control Web. Tento systém byl otestován, jak z hlediska celkové funkčnosti, tak i z hlediska ošetření těch nejčastěji se vyskytujících chyb, které bylo třeba ošetřit.

Na základě vytvořeného a aplikovaného řídicího systému na simulátor funkce pohybu i simulující spínání a rozepínání vstupů a výstupů u PLC byly vytvořeny instruktážní videa. Na těchto video ukázkách byla snaha zachytit veškeré funkce, které řídicí systém ovládá.

První video s názvem "ukazka_bezny_rez.avi" je ukázka běžného řezu, kdy obsluha nastaví na počátku první řez o tloušťce 200 mm. Tento první řez je vždy rozdílný, neboť závisí na průměru zpracovávaného kmene. Na obrázku Obrázek 56 je zobrazen tento automatický řez. Ovládací panel je přepnut do části automatický režim. Obsluha zadala již zmíněných 200 mm a potvrdila tlačítkem "START". Dochází k řezu, na obrázku je signalizována funkce pilového pásu, předřezu i odsávání a na programovatelném automatu je viditelné, které výstupy jsou právě aktivní. Po dokončení řezu obsluha odstraní odříznutý kus a nastaví novou tloušťku řezu 20 mm. Dojde k dalšímu řezu a zastavení pily v pravé koncové poloze na konci kolejnic. Obsluha spustí další řez o stejné tloušťce, avšak při návratu na začátek kolejnic tento cyklus zastaví pomocí tlačítka "STOP". Následně se přepne do manuálního režimu ovládání a ukáže spuštění pilového pásu, předřezu i odsávání, a jejich následné vypnutí. Pak spustí posuv vzad, který také po čase vypne a opět se přepne do automatického režimu a spuštěním tlačítka "RESTART" docílí návratu zařízení do své původní (inicializační) polohy.



Obrázek 56: Provádění řezu

Video s názvem "osetreni_chyb.avi" je ukázka opatření proti nepozorné nebo nezkušené obsluze, která provádí vícenásobné spouštění. Například při spuštění cyklu opětovné stisknutí tlačítka "START", nebo při návratu do inicializační pozice snaha spustit cyklus řezu tlačítkem "START". Následuje ukázka z manuálního ovládání, kde se obsluha snaží dostat se zařízením do pozic, kde by mohlo dojít ke kolizi. To se ale nestane, neboť zařízení je proti takovým situacím ošetřeno.

Na poslední video ukázce s názvem "automaticky_vs_manualni.avi" je ukázka obou typů režimů. Ukázka ovládání pomocí automatického režimu a pomocí manuálního režimu ukazuje rozdíl mezi náročností jednotlivých ovládání.

Veškerá zmíněná videa v této kapitole jsou k dispozici na doprovodném disku v záložce `ridici_system\video`.

8 ZÁVĚR

Řídicí systémy zjednodušují ovládání technologických procesů, tím se výrobní procesy stávají efektivnější a přesnější. Cílem bakalářské práce bylo vytvořit řídicí systém pro pásovou pilu. Nejdříve došlo k seznámení s pásovými pilami, jejich rozdělením a ovládáním. Dále byla představena amatérská pásová pila, pro kterou byl následně řídicí systém vytvořen.

V bakalářské práci byly vytvořeny simulátory ovládání, jak manuálního, tak i automatického. Na základě těchto simulátorů byla představena zjednodušeně metoda analýzy rizik spojených s bezpečností práce a provozní spolehlivosti tohoto zařízení.

Řídicí systém automatického ovládání byl navržen pomocí programovatelného automatu od firmy Siemens a simulace pomocí programu Control Web. Pomocí tohoto simulátoru bylo možné odzkoušení navrženého řídicího systému pásové pily.

Pokud by se tento návrh řídicího systému měl aplikovat na fyzické zařízení, bylo by nutné provést značné technické úpravy tohoto zařízení a dále by následovalo odzkoušení a odladění řídicího systému. Tyto úpravy však nebyly cílem této bakalářské práce.

Řídicí systém automatického ovládání pásové pily byl konzultován s majitelem pily a navržen tak, aby vyhovoval jeho požadavkům a daným provozním podmínkám.

Automatické ovládání navržené v této bakalářské práci bude možné s určitými úpravami aplikovat nejen na pásovou pilu výše uvedenou, ale na jakoukoli pásovou pilu s manuálním ovládáním.

Ovládání pásové pily pomocí navrženého systému řízení snižuje nároky na obsluhu zařízení. Výrobní proces tak není negativně ovlivňován obsluhou, například únavou nebo její nepozorností.

Literatura

- [1] PILOUS: Kmenové pásové pily [online]. [cit. 2015-01-25]. Dostupné na URL:
<<http://pilous.cz/wood/kmenove-pasove-pily/manualni/ctr-750/>>
<<http://pilous.cz/wood/kmenove-pasove-pily/elektricke/ctr-710/>>
<<http://pilous.cz/wood/kmenove-pasove-pily/hydraulicke/ctr-1300-hydraulic/>>
- [2] UNI-Náradí.: Kmenová pásová pila BBS550 [online]. c2013-2015,
[cit. 2015-02-08]. Dostupné na URL:
<<http://www.uni-naradi.cz/kmenova-pasova-pila-bbs550>>
- [3] Siemens s.r.o.: Frekvenční měnič SINAMICS G 110 0,12 až 3 kW [online].
[cit. 2015-02-09]. Dostupné na URL:
<<http://www.zefin.cz/files/g110%20kat.2.pdf>>
- [4] SEVA-tec GmbH: SIEMENS 0012-G110-FB [online].
[cit. 2015-02-12]. Dostupné na URL:
<<http://www.seva-tec.de/732/siemens-0012-g110-fb>>
- [5] HERROT (Rotterová, H., Rotter, P.): YASKAWA J1000, měnič frekvence 0.2kW, typ CIMR- JCBA0002BAA [online]. c2013-2014, [cit. 2015-02-13] Dostupné na URL:
<<http://www.herott.cz/herott/eshop/13-1-MENICEFREKVENCE/21-2-YASKAWA-J1000/5/366-YASKAWA-J1000-menic-frekvence-0-2kW- typ-CIMRJCBA0002BAA>>
- [6] Direct Industry: Compact frequency inverter [online]. [cit. 2015-02-15]. Dostupné na URL:
<<http://www.directindustry.com/prod/yaskawa-europe/compact-frequency-inverters-14471-856629.html>>
- [7] Urban, D.: Control Web (Podpora předmětu APP) [online]. [cit. 2015-03-12].
Dostupné na URL:
<<http://hrzinap.wz.cz/vyuka/x15app/controlweb.pdf>>
- [8] Studie nebezpečí a provozuschopnosti (studie HAZOP)-Pokyn k použití, ČSN IEC 61882, vydal a vytisknul ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, Praha, rok vydání 2002, 56 stran.
- [9] Časopis ELEKTRO:Snímače pro indikaci koncových poloh [online]. [cit.2015-03-20], c2013-2015. Dostupné na URL:
<<http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/snimace-pro-indikaci-koncovych-poloh--14862>>

- [10] Kovář, J.: UČÍME V PROSTORU - Fyzikální princip snímačů [online].
[cit. 2015-03-25]. Dostupné na URL:
<http://uvp3d.cz/dum/?page_id=2588>
- [11] Panasonic Electric Works Europe AG: SF4B-C [online]. [cit. 2015-03-25]. Dostupné na URL:
<<https://www.panasonic-electric-works.com/eu/3816.htm?cs=cz&rdeLocaleAttr=cs>>
- [12] CONRAD: Siemens 6ES7214-1HG31-0XB0 - SIMATIC S7-1200 [online].
[cit. 2015-04-11]. Dostupné na URL:
<<http://www.conrad.com/ce/en/product/197494/Siemens-6ES7214-1HG31-0XB0-SIMATIC-S7-1200-CPU-1214C-Compact-CPU-DCDCRelay-14-DI-10-DO-2-AI-50Kb>>
- [13] SIEMENS: TotallyIntegratedAutomationPortal [online]. [cit. 2015-04-14]. Dostupné na URL:
<<http://stest1.etnetera.cz/ad/current/index.php?vw=0&ctxnh=2416f2e791&ctxp=home>>
- [14] Štohl, R., Jirgl, M., Arm, J., Mišík, Š.: Laboratorní cvičení BPPA. FEKT Vysokého učení technického v Brně.
- [15] SIEMENS: S7-1200, Programmable controller, System manual [online].
[cit. 2015-04-19]. Dostupné na URL:
<http://stest1.etnetera.cz/ad/current/content/data_files/automatizacni_systemy/mikrosystemy/simatic_s71200/manual_s7-1200_2012-04_en.pdf>
- [16] Pásek, J.: Programovatelné automaty v řízení technologických procesů. Brno 2007, FEKT Vysokého učení technického v Brně.
- [17] Martinásková M., Šmejkal L.: Řízení programovatelnými automaty. Vydavatelství ČVUT, Praha, 2004.

Seznam obrázků

Obrázek 1: Pásová pila PILOUS CTR 520 [1]	11
Obrázek 2: Pásová pila PILOUS CTR 710 [1]	12
Obrázek 3: Pásová pila PILOUS CTR 1300 hydraulic [1]	12
Obrázek 4: Amatérsky vyrobená pásová pila	14
Obrázek 5: Ovládací panel fyzického zařízení	15
Obrázek 6: Pohon předřezového kotouče	15
Obrázek 7: Pohon pilového pásu	16
Obrázek 8: Pohon posuvu agregátu s pilovým pásem	17
Obrázek 9: SINAMICS G110 [4]	19
Obrázek 10: Posuv pily po kolejnicích	19
Obrázek 11: Frekvenční měnič YASKAWA J1000 [6]	21
Obrázek 12: Prostředí programu Control Web	23
Obrázek 13: Simulace funkcí pásové pily	24
Obrázek 14: Ovládací panel - manuální režim	25
Obrázek 15: Hlášení o kolizi	26
Obrázek 16: Ovládací panel - automatický režim	27
Obrázek 17: Diagram postupu zkoumání HAZOP, posloupnost „nejdřív prvek“ [8]	32
Obrázek 18: Pracovní výkaz bezpečnosti práce s pásovou pilou	34
Obrázek 19: Pracovní výraz provozní spolehlivosti zařízení	35
Obrázek 20: Indukčnostní snímače koncové polohy [9]	37
Obrázek 21: Jednocestná závora [10]	38
Obrázek 22: Reflexní závora s odrazkou [10]	39
Obrázek 23: Světelný závěs [11]	39
Obrázek 24: Bezpečnostní okruh a schéma silového rozvodu el. energie	40
Obrázek 25: Komunikace mezi SIMATIC S7-1200 a PC	41
Obrázek 26: SIMATIC S7-1200 [12]	42
Obrázek 27: Prostředí TIA Portal [13]	43
Obrázek 28: Prostředí TIA Portal [14]	44
Obrázek 29: Výběr MB_SERVERU ze záložky "Communication" [14]	45
Obrázek 30: Konfigurace prvku MB_SERVER	45
Obrázek 31: Přidání ovladače v Control Webu [14]	46
Obrázek 32: Přidání ovladače pro MODBUS TCP	46
Obrázek 33: Parametrický soubor pro MODBUS TCP	47

Obrázek 34: Vzorový mapovací soubor [14]	48
Obrázek 35: Kanály - vstupy	48
Obrázek 36: Kanál pro proměnnou START	49
Obrázek 37: Kanál pro proměnnou tloušťka	49
Obrázek 38: Skupina proměnných přenášená přes kanály do SIMATICU (vstupní proměnné) ..	51
Obrázek 39: Ovládací panel se simulací	51
Obrázek 40: Ukázka ovládacích prvků ovládacího panelu v obou režimech	52
Obrázek 41: Přehled datových typů [15].....	53
Obrázek 42: Vstupy pro SIMATIC.....	54
Obrázek 43: Výstupy SIMATICU	54
Obrázek 44: Ukázka programu psaného v jazyce LAD [15].....	55
Obrázek 45: Stavový automat pro automatický režim ovládání	57
Obrázek 46: MB_SERVER.....	57
Obrázek 47: Blok který je volán při prvním řezu v řídicím algoritmu.....	58
Obrázek 48: Blok který je volán pro druhý a následující řez v algoritmu.....	58
Obrázek 49: Blok pro navrácení pily do inicializační polohy	58
Obrázek 50: Zastavení řezu v automatickém režimu	59
Obrázek 51: Vyjádření bitů [16].....	59
Obrázek 52: Příklad standardizace.....	60
Obrázek 53: Převod datových typů a standardizace analog. hodnot	61
Obrázek 54: Ošetření proti kolizi.....	62
Obrázek 55: Manuální režim ovládání	62
Obrázek 56: Provádění řezu	64

Seznam tabulek

Tabulka 1: Parametry SIEMENS SINAMICS G110 [3].....	18
Tabulka 2: Základní parametry frekvenčního měniče YASKAWA J1000 [5].....	20
Tabulka 3: Vstupy a výstupy pásové pily ve výchozím stavu	21
Tabulka 4: Příklady odchylek a s nimi spojených vodících slov [8]	30
Tabulka 5: Paměťové oblasti	47
Tabulka 6: Přehled nejčastěji používaných prvků z jazyku LAD [15]	55

Seznam symbolů a zkratek

f	- frekvence [Hz]
P	- výkon [W, kW]
n	- počet otáček za jednotku času [min^{-1}]
PLC	- programovatelný logický automat
PC	- počítač
CPU	- centrální procesorová jednotka
DC	- stejnosměrný proud (napětí)
AC	- střídavý proud (napětí)
PNP	- typ uspořádání bipolárního tranzistoru
NPN	- typ uspořádání bipolárního tranzistoru
I/O	- vstupy a výstupy
DI	- digitální vstupy
AI	- analogové vstupy
DO	- digitální výstupy
AO	- analogové výstupy
FB	- funkční blok, prvek programovacího jazyku pro zařízení Siemens
SCADA	- tvořeno softwarem na PC, sloužící ke sledování a ovládání procesu
HMI	- tvořeno softwarem na PC, sloužící ke sledování a ovládání procesu
ISO/OSI	- referenční model, sloužící ke standardizaci v počítačových sítích
LAD	- programovací jazyk
FBD	- programovací jazyk
SCL	- programovací jazyk
HAZOP	- Studie nebezpečí a provozuschopnosti
IPX	- stupeň krytí, odolnost zařízení proti vniknutí cizích těles
Y/ Δ	- typ zapojení třífázového asynchronního motoru
Master/Slave	- model komunikace, kdy jedno zařízení přebírá řízení nad ostatními zařízeními

Seznam příloh

Přílohy jsou součástí doprovodného disku.

- Příloha 1. Aplikace simulátoru pro manuální režim ovládání
simulatory_pasove_pily\aplikace_manualni_rezim.zip
- Příloha 2. Zdrojový text simulátoru pro manuální režim ovládání
simulatory_pasove_pily\zdrojovy_kod_manualni_rezim.pdf
- Příloha 3. Aplikace simulátoru pro automatický režim
simulatory_pasove_pily\aplikace_automaticky_rezim.zip
- Příloha 4. Zdrojový text simulátoru pro automatický režim
simulatory_pasove_pily\zdrojovy_kod_automaticky_rezim.pdf
- Příloha 5. Aplikace simulátoru určeného pro implementaci řídicího systému
ridici_system\simulator\simulator_pro_odzkouseni.zip
- Příloha 6. Zdrojový text simulátoru určeného pro implementaci řídicího systému
ridici_system\simulator\zdrojovy_kod_simulator.pdf
- Příloha 7. Řídicí program pro SIMATIC S7-1200
ridici_system\ridici_program\ridici_program.zip
- Příloha 8. LAD diagram řídicího algoritmu
ridici_system\ridici_program\lad_diagram.pdf
- Příloha 9. Soupis veškerých proměnných použitých v LAD diagramu
ridici_system\ridici_program>tag_table.pdf
- Příloha 10. Video ukázka ovládání pásové pily
ridici_system\videa\ukazka_bezny_rez.avi
- Příloha 11. Video ukázka zamezení kolizních stavů
ridici_system\videa\osetreni_chyb.avi
- Příloha 12. Video ukázka srovnání automatického a manuálního režimu ovládání
ridici_system\videa\automaticky_vs_manualni_rezim.avi